

Chem.

241

6

Chem.

241⁵

Ochsenius

Die Bildung
des
Natronsalpeters
aus
Mutterlaugensalzen.

Von
Dr. Carl Ochsenius.

Mit einer Karte und vier Profilen der mittleren
südamerikanischen Westküste.



Stuttgart.
E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Koch).
1887.



Dem Herrn Freiherrn

DOUGLAS,

Mitglied des Hauses der Abgeordneten, Ritter etc. etc.

in

Aschersleben.

JOHN HENRY FOSTER

DOUGLAS

THE HISTORY OF THE UNITED STATES OF AMERICA

AMERICAN

Hochverehrtester Herr Freiherr!

Bald nachdem die bittern Stassfurter sog. Abraumsalze ihren Namen ändern mussten in den wertvoller Kaliverbindungen, war es Ihr Douglashall, das die Bahn zur Erschliessung weiterer salinischer Schätze auf deutschem Boden eröffnete.

Sie waren damals hervorragend unter denen, die einen sehr hohen Einsatz wagten, um die Mutterlaugensalze weit ab zu verfolgen; ohne Ihr Vorgehen würde man sicherlich nicht so rasch in den bewussten Besitz grösserer derartiger Reichtümer gelangt sein. Dafür gebührt Ihnen nicht nur der Dank einzelner, sondern auch der des ganzen deutschen Volkes, das allein sich im Besitze nennenswerter Kalisalzlager befindet.

Dieser Umstand ist um so wichtiger, als ich mich überzeugt habe, dass Reste von Mutterlaugen zwar in sehr vielen frühern Küstengegenden der Erde geblieben und in Thätigkeit getreten sind, aber gerade dadurch, dass sie fast überall verwandelnd eingriffen, auch selbst verändert wurden. So finden wir deren wieder von jenseits des Himalaya an durch das aralokaspische Becken bis nach Galizien und weiter hin, aber immer zersetzt oder umgebildet unter Erzeugung der verschiedenartigsten Combinationen anderer Elemente. Kalusz in Galizien ist gleichsam ein Vorläufer des norddeutschen Salzgebietes, das, verschont geblieben von grossartigen Durchbrüchen plutonischer Eruptivmassen, in seinen Tiefen die Flor der ungestörten Ablagerung von Mutterlaugensalzen, den Carnallit, mit den meisten seiner Begleiter unverändert sich erhalten hat und in jenem jetzt eine mächtige Quelle der Vermehrung unseres Nationalwohlstandes darbietet.

Zwar lassen auch Nord- und Süd-America im Bereiche der Alleghanies, Felsengebirge und Anden Repräsentanten jener Salze und Wirkungen ihrer Lösungen erkennen, wohl liegen solche weitverbreitet in Africa und anderwärts, aber überall da hat Vulkan, dessen Wohnsitze fast ausnahmslos an den Küsten, den Ablagerungsstätten der Meeressalze, gelegen sind, sie gezwungen, ihren Kreislauf zu beschleunigen und ihre Rückkehr zum Ocean anzutreten.

Die folgenden Blätter berichten nur über eins der Schicksale, das jenen Oceanskindern auf ihrem Wege zur Heimat in Chile durch Umgestaltung in Natronsalpeter zu teil wurde; dort habe ich in trostlosen Wüsten meine Beobachtungen salinischer Ablagerungen begonnen, hier in den prachtvollen unterirdischen Bauen Ihres Douglas-hall sie erfolgreich fortgesetzt und die vielfachen nähern Beziehungen der beiden Sedimente zu einander aufgefunden; deshalb sei Ihnen, hochverehrtester Herr und Freund, vorstehende Arbeit gewidmet mit einem innigen Glückauf von

Ihrem getreuen

Dr. Carl Ochsenius.

Marburg, im Juli 1887.

Inhalts-Verzeichniss.

	Seite
Einleitung	1
Natronsalpeter	3
Begleitsubstanzen	8
Salzbildungen am Westabhange der Anden	15
Entstehung von Steinsalzflötzen aus dem Meere	17
Bestandteile des Oceanwassers 17.	
Petrefactenmangel im Steinsalz 18.	
Liegendes der Salzflötze 19.	
Beimischungen des Steinsalzes ib.	
Bildung des Anhydrithutes 20.	
Ansammlungen von Mutterlaugen	21
Bitterseen 23.	
Zusammensetzung der Mutterlaugen 23.	
Nebenbestandteile derselben 24.	
Erstarrungstemperatur der Salze 24.	
Mutterlaugensalze in den Anden 26.	
Bildung von Natriumcarbonat aus denselben 26.	
Guano als Nitrificationsmittel 28.	
Besondere Lagerungs- und Mischungs-Verhältnisse des Natronsalpeters	28
Überschwemmungen durch Fluten aus den Anden 32.	
Geröllwirkungen 33.	
Schlammschichten in den Nitratsbetten 34.	
Hauptbecken in Atacama 37.	
Homogene Salzgemische 39.	
Salzflötze in den Anden	41
Fumarolenbildung	42
Vulkanismus und Natronsalpeter	44
Vorläufige Schlüsse aus den bisher berührten Verhältnissen der Nitratsbetten	46
Gips in den Anden 47.	
Salzsümpfe und Salzsteppen in der Argentina 47.	
Geologisches Alter der andinischen Salzflötze 48.	
Chlormangel der Vulkane der Cordilleren ib.	

	Seite
Hebungen der andinischen Salzlager und ihre Folgen	48
Einwirkungen von Mutterlaugen auf Erzgänge 51.	
Aufsteigen der südamericanischen Westküste 52.	
Hebungen von gefüllten Wasserbecken 54.	
Küstencordillere als Damm gegen Salzfluten aus den Anden 58.	
Steinsalzreichtum Perú 59.	
Verticaloscillationen in Südamerica 61.	
Analogie zwischen den norddeutschen Mutterlaugen-Ablagerungen und den Salzen der Nitratmulden	61
Nachweis von Phosphorsäure auf mikrochemischem Wege 66.	
Entstehung von Natriumcarbonat aus Mutterlaugensalzen	68
Wirkung von Humus auf Natriumcarbonat 69.	
Mangel an Magnesiumsalzen im Natronsalpeter	70
Beziehungen zwischen Natronsalpeter und Gips und Natriumcarbonat . .	72
Ammoniakgehalt des Gipses 74.	
Veränderung von Niederschlagsverhältnissen 76.	
Verschiedenheit chemischer Vorgänge im Grossen und Kleinen 77.	
Chalcedonvorkommen in den Nitratgegenden	79
Physikalische und meteorologische Verhältnisse in Tarapacá und Atacama	84
Unregelmässigkeit der Oberfläche, Unruhe der Schichtung der Nitrat- mulden 90.	
Bedingungen für Salpeterbildung	91
Oxydationserscheinungen an der südamericanischen Westküste 91.	
Alter der Salpeterbetten 92.	
Guano	93
Verwehung des Guanostaubes 93.	
Staubfälle, aus der Sahara stammend 94.	
Guanoverbreitung durch Winde 97, 98.	
Analysen 99.	
Salpetersäuregehalt des Guanos 111.	
Vorläufiger Rückblick	114
Bildung von Nitrosäure ohne Mitwirkung von Guano	114
Aus freiem Stickstoff 114.	
Durch Oxydation von Ammoniak 115.	
Bei Wasserverdunstung 117.	
Zersetzung von Alkalinitraten durch Pflanzenwurzeln 118.	
Mangel an Nitraten bei fehlendem animalischen Detritus 118.	
Nitrosäuren, nicht aus vegetabilischen Verwesungsproducten hervor- gehend 119.	
Auftreten von Natronsalpeter in andern Gegenden	120
Hauptfactoren, die bei der Nitratbildung in Chile zur Geltung gekommen	122
Discussion der verschiedenen Erklärungsweisen der Bildung des südameri- canischen Natronsalpeters	124
Thiercelin, Forbes u. A. 124.	
Noellner 127.	
Sieveking 133.	
Pissis 136.	

Muntz und Mercado 142.	Seite
Sacc 144.	
L'Olivier 146.	
Schlussbetrachtung	148
Anhang. Noten	151
Äusseres der Nitratgegenden 151.	
Heisse Wasser in Höhlungen 152.	
Gesteinszertrümmerung 152.	
Sandstürme 154.	
Elektrische Entladungen 155.	
Tangmassen 155.	
Fischfluten 155, 166.	
Nachträge	159
Sach-Register	168
Orts-Register	173

Vorbemerkung.

In der in Chile herrschenden spanischen Sprache lauten sämtliche Vocale wie im Deutschen. Umlaute und Doppellaute existieren nicht; die Vocale werden einzeln und gleich betont, nicht mit einander verschmolzen.

Von deutschen Consonanten verschieden tönen c vor e und i wie s; ch wie tsch (caliche spr. also calitsche); h ist fast immer stumm; j wird ausgesprochen wie ch in Bach, nur etwas weicher; g ähnlich wie j vor a, e, u; ll wie lj; ñ wie nj; qu wie k; v wie w; z ist ein sehr weiches s.

Rio bedeutet Fluss; Punta Spitze, Vorgebirge; Isla Insel; Cerro Hügel, Berg; Monte Wald, Berg; Puerto Hafen; Pampa Ebene.

Bedeutendere Druckfehler.

Seite	12	Zeile	2	von	oben	statt	Rohsalpeter	lies	Caliche.
„	49	„	21	„	„	„	Cotapaxi	„	Cotopaxi.
„	59	„	16	„	unten	„	Huallaya	„	Huallaga.
„	74	„	17	„	„	„	Ammonik	„	Ammoniak.
„	82	„	18	„	„	„	augen	„	laugen.
„	83	„	7	„	oben	„	lacke	„	lake.
„	94	„	9	„	„	„	Cinchas	„	Chinchas.
„	108	„	5	„	unten	„	angeschwemmt	„	abgeschwemmt.
„	139	„	2	„	„	„	der	„	den.
„	159	„	5	„	„	„	Alauninit	„	Aluminit.
„	159	„	5	„	„	„	Caama	„	Calama.

Das regenlose Gebiet an der Westküste Südamericas, welches etwas nördlich von Payta in Peru, bei Amotape ($4^{\circ} 36'$ S. Br.) beginnt, erstreckt sich südlich bis zum 26. Grad. Seine Ausdehnung seewärts ist eine beträchtliche, während die landeinwärts, d. h. in östlicher Richtung, an der Küste nur ausnahmsweise 25 Meilen übersteigt; Ketten der Cordillere begrenzen es nach Osten hin. Der nördliche terrestrische Teil dieses regenlosen Gebietes umfasst an zwei Drittel der ihm zugehörigen Küstenregion und geht von Amotape in Form eines schmalen Streifens in südöstlicher Richtung bis nach Arica ($18^{\circ} 28'$). Die Occidentalkette der Cordillere, welche im Osten seine Grenze bildet, dacht sich in ziemlicher Regelmässigkeit nach der Küste, nach Westen hin, ab und birgt zahlreiche Steinsalzflötze, wie denn überhaupt keine einzige Region Perús, möge sie der Küste, den Vorbergen der Andesketten oder dem Hochgebirge angehören, existiert, welche nicht einige Salzlager aufzuweisen hätte. RAIMONDI betont dieses ausdrücklich¹.

An der Küste liegen nur wenige und kleine Inseln, die fast sämtlich Guanolager haben, und gehört der Guano derselben zu den ammoniakreichen Sorten. Im Littoral selbst sind nur unbedeutende Lager dieser Substanz.

Der südliche terrestrische Teil des Gebietes, räumlich nur etwa ein Drittel des ganzen einnehmend, erstreckt sich von Arica, oder genauer vom Rio de Camarones ($19^{\circ} 12',5$ S. Br.), aus ziemlich genau südlich und ist in orographischer Hinsicht verschieden vom nördlichen Teil. Es lagert sich nämlich in ihm (und nicht nur hier, sondern bis zur Südspitze des americanischen Continentes) längs dem Meeresufer die Cordillera de la costa als Gebirgszug vor die Occidentalkette

¹ Soweit nicht eigene Beobachtungen aus den Jahren 1851—1879 vorliegen, sind die im folgenden angeführten Daten, da wo keine specielle Quellenangabe gemacht ist, entnommen aus den Arbeiten von J. DOMEYKO, D. FORBES, M. F. PAZ SOLDAN, A. PHILIPPI, A. PISSIS, A. RAIMONDI und H. RECK, sowie den chilenischen Berichten Anderer in den officiellen und wissenschaftlichen Zeitschriften von Santiago de Chile.

der Anden und lässt so zwischen sich und diesen eine nach Westen geneigte Hochebene, die jedoch durchaus nicht ununterbrochen ist. Sie zeigt nämlich eine grosse Anzahl kleiner Höhenzüge und bildet so verschiedene Bassins; ihre absolute Meereshöhe erreicht und übersteigt an mehreren Stellen ihres östlichen Teiles die der Küstencordillere. Bis zum Fluss Loa, $21^{\circ} 28'$ S. Br., führt die ganze Gegend den Namen Tarapacá, und die Hochebene den der Pampa del Tamarugal; weiter südlich bis über Copiapó hinaus heisst sie Atacama und die Hochebene el desierto (die Wüste).

Nicht bloss für die letztgenannten Gegenden, sondern auch für das Hinterland gilt der oben erwähnte Ausspruch RAIMONDI'S und hier gar noch in verstärktem Sinne. Drei Reihen von Salzablagerungen, wo nicht mehr, sind sichtbar. Von Oruro in Bolivia auf dem Wege nach der Küste sind die Flötze von Laguna blanca bei 4000 m Seehöhe zuerst anzutreffen, dann folgen in derselben Serie die Salzsteppen von Sora-Sora, Salzquellen bei Santiago und San Andres u. s. w., und wahrscheinlich entsprechen die Salzlager von Maricunga in Atacama derselben Serie. Der zweiten Reihe von Salzlagern in einer Höhe von 2100—2500 m gehört u. a. die grosse Salina de Atacama und die von Punta Negra an und erst die dritte tiefste, zwischen 600 und 1500 m Meereshöhe enthält neben Steinsalz etc. die Salpeterfelder, die sich auf eine Länge von fast 140 Meilen in der Richtung von Nord nach Süden hinziehen.

Guano findet sich sowohl auf etlichen der kleinen Inseln, als an verschiedenen kleinen Buchten oder Halbinseln der Küste dieser Länder, so in Huanillos, Punta de Lobos, Chanavaya, Bahia de la Independencia, Pabellon de Pica, Paquica bei Tocopilla, Mejillones, San Pedro, Guanillo etc. Der Guano von allen diesen Küstenpunkten des südlichen Teiles gehört jedoch nicht wie der des nördlichen zu den ammoniakreichen Sorten, sondern ist sog. Phosphatguano; sein Gehalt an Phosphaten erreicht (wie u. a. nicht selten in Mejillones) bis an 87 und mehr Procente des ganzen.

Die nördliche Partie der in Rede stehenden Hochebene, die Pampa del Tamarugal, liegt im Mittel nahezu 1160 m über dem Meere und fällt nur 0,77 % gegen Westen ein. Ihre Breite beträgt etwa 6 Meilen, gleich der der Küstencordillere. Der westliche Abhang der Anden besteht am Fusse aus grobkörnigem, grauem Sandstein, der bis zu 15° nach Osten einfällt; wogegen höher hinauf trachyt- und porphyrartige Gesteine anstehen. Der hieran sich schliessende, östliche Strich der Hochebene besteht nur aus sterilem Thon und Sand,

und enthält hie und da petrifizierte Hölzer in losen Stücken, während der westliche schmälere schon

Natronsalpeter,

Chilesalpeter, Natriumnitrat, salpetersaures Natron, Nitratin, Salitre, Nitro sódico etc.,

den Hauptgegenstand vorliegender Arbeit, enthält. Dieser, Na NO_3 , mit 36,47 Natron und 63,53 Salpetersäure (wenn chemisch rein), ist ein in Wasser leicht lösliches, farbloses oder liches Salz, falls nicht fremdartige Beimengungen ihm ein anderes Colorit erteilen, besitzt eine Härte von 1,5—2 und ein spezifisches Gewicht von 2,1—2,2. Er krystallisiert rhomboedrisch, ist völlig isomorph mit Kalkspat nach Krystallsystem, Spaltung, Schlagfiguren, Ätzzeichnungen, Zwillingslamellen, zeigt Zwillinge nach derselben Fläche durch Umlagerung, gleiches optisches Verhalten und in seiner Lösung Fortwachsen von Kalkspatkrystallen. Das Mineral findet sich, wenngleich nicht allzuhäufig, in der Grundform, öfter in krystallinischen Körnern, meist aber derb, blättrig oder erdig; höchst selten rein; es ist durchsichtig bis durchscheinend, mit sehr starker negativer Doppelbrechung, zieht Feuchtigkeit aus der Luft an und schmeckt salzig kühlend. Auf der glühenden Kohle verpufft der Natronsalpeter, doch weniger heftig als Kalisalpeter.

Seine für die Technik grosse Wichtigkeit besteht darin, dass aus ihm durch Umsetzung mit Chlorkalium, dem Hauptprodukt unserer Stassfurter chemischen Industrie aus den Mutterlaugensalzen, Kalisalpeter hergestellt wird, so dass sein Preis grossen Einfluss auf die Rentabilität jener Industrie ausübt; denn, um was Chilesalpeter im Preise steigt, um das muss der Wert des Chlorkaliums fallen, weil über eine gewisse Grenze hinaus sonst der ostindische Kalisalpeter den europäischen Markt versorgen würde, d. h. sobald der aus Natronsalpeter und Chlorkalium hergestellte Kalisalpeter teurer zu stehen kommt, als die ostindische Ware. Ausserdem ist er ein ausgezeichnetes Düngemittel für viele Feldfrüchte, und findet auch bei der Schwefelsäurefabrikation Anwendung.

Seine Begleitsalze haben sich mit ihm und Sand, Thon etc. in Tarapacá und Atacama zu einer festen Masse, Caliche genannt, verbunden. Die obere consistente Kruste der Salpeterfelder ist aschgrau und enthält nur sehr wenig Natriumnitrat, wohl aber meist soviel Glaubersalz, dass dasselbe in schneeartigen Efflorescenzen die Ver-

tiefungen zwischen den Unebenheiten der Bodenoberfläche auskleidet und so als weithin sichtbares Kennzeichen dient. Die Salpeterterrains (Calichales oder Salitrales) dehnen sich zwar bis über den östlichen Fuss der Küstengebirgskette aus und erheben sich in dieser bis zu 30 ja 60 m, ihr Gehalt an Niträt ist da aber zu unbedeutend, um eine Gewinnung lohnend zu machen. In den Thalschluchten des Hügellandes finden sich häufig grosse Partien abgesetzter Schlämme von hellaschgrauer Farbe und sehr weichblättriger Natur.¹

Die bis 1500 m hohe Kette selbst besteht aus langen Reihen von massigen steil abfallenden Bergen von porphyrartigen, granitischen, auch wohl trachytischen Gesteinen mit Kalksteinflötzen im Osten, während nach dem Meere zu ältere Schiefer, Jurakalk und grobkörnige Sandsteine anstehen, die häufig von Grünsteinen und Porphyren durchbrochen sind. In diesem Gebiet setzen ausser vielen Blei- und Kupfererzgängen auch die Silbererzgänge von Huantajaya und Santa Rosa auf.

Beiläufig mag hier bemerkt werden, dass die Küste, vom nördlichen Chile an bis nach Arica hin, also gerade in dem Terrain, das hier näher ins Auge gefasst wird, sehr steil aufsteigt und im Mittel eine Höhe von mehr als 900 m erreicht; der Morro von Arica als letzter aufragender Küstenpunkt hat noch 183 m.

Hier aber scheint die jetzt noch fortdauernde Hebung der ganzen Küste von Feuerland bis Arica zu Ende zu sein; denn man findet beim Morro Begräbnisstätten mit Indianermumien nur wenig über dem jetzigen Meeresspiegel, während die Aufwärtsbewegungen der südlichen Küstenteile sogar seit der Besitzergreifung der Spanier vielfach constatiert sind.

Die stratigraphischen Verhältnisse der Schichten in den Mulden sind nicht ganz gleichmässig, wenn auch ziemlich einfach.

Das auf den Felsboden aufgelagerte Liegende, das mitunter hoch an den Böschungen der Hügel hinaufgeht und dort Cova genannt wird, ist, entsprechend den Unebenheiten des Untergrundes, von verschiedener Mächtigkeit; dieselbe schwankt für gewöhnlich zwischen 0,25 und 1,00 m, erreicht jedoch in ursprünglichen Vertiefungen und Terrainfalten nicht selten 20—30 m. Es besteht aus eisenschüssigem Letten oder Thon und ist stellenweise so fest und zähe, dass Brunnen von 20—25 m Tiefe in ihm keiner Zimmerung bedürfen; nur die

¹ RECK sagt hierüber: Da es hier nicht regnet, ist diese Erscheinung mir ein Rätsel geblieben.

obersten schwachen Lagen pflegen weich und sandig zu sein. Diese gehen über in ein 0,75—1,5 m starkes Conglomerat von Gesteins-trümmern manigfaltigster Art, welchem kalk- oder eisenhaltiger, brauner Letten mit Kochsalzteilen als Bindemittel dient. In dieser, mit dem Namen Conjelo bezeichneten Schicht, gewinnen zuweilen die Salzteile so sehr die Oberhand, dass dieselbe nur aus reinem weissen Chlornatrium sich zusammensetzt, das aus mehligen oder pulverförmigen, hie und da schon Nitrat enthaltenden Aggregaten in den obern Lagen in feste, krystallinische Salzsichten nach unten übergeht, die bis zu 0,1 m Dicke erreichen. Oberhalb dieses Salzes befindet sich oft, wie schon HAYES beobachtet, ein dünner Absatz von braunem Thon.¹

Der hierauf niedergeschlagene Caliche zeigt in seinem Äussern und seinem Nitratgehalte grosse Verschiedenheit. Seine Farbenabstufungen gehen vom Wasserhellen durch Gelb ins Rote und Braune und durch Grau bis ins Schwarze, je nach Beimischungen und Beimengungen von Salzen oder kalkigen, sandigen und erdigen Substanzen; vorherrschend sind graue Varietäten, doch kommen auch blau und violett gefärbte oder geaderte vor.²

Der härtere, consistente (macizo) mit ausgeprägter Krystallisationsneigung findet sich gewöhnlich in den Einsenkungen der Ebene, wogegen der weiche, lockere (poroso) weniger krystallinische vorzugsweise auf den Höhen und an den Gehängen sich angesiedelt hat; doch erleidet diese Regel, besonders im südlichen Tarapacá zahlreiche Ausnahmen. Dass der lockere öfters als der feste durch Sand, Kalk u. s. w. verunreinigt ist, liegt in der Natur der Sache; die fremdartigen Bestandteile verhinderten ein enges Aneinanderschliessen des Nitrates.

Die Mächtigkeit des Caliche übersteigt fast nie 1,5 m. Von den zahlreichen beigemischten und beigemengten Salzen (Chloride, Jodide bezw. Jodate, Bromide, Sulfate, Carbonate, andere Nitrate und Nitrite etc.) wird weiter unten besonders die Rede sein; immer aber ist Natriumchlorid das am stärksten vertretene.

Von anderweitigen Einschlüssen verdient besondere Erwähnung der Guano. Nur als Farbstoff, fein verteilt, in Streifen und kleinen Bänken, als Ausfüllung von Spalten und Klüften, kommt er darin vor;

¹ In Atacama bilden auch Gipsgesteine hie und da das Liegende des Natronsalpeters.

² Die violette Färbung soll nach GUYARD, wie H. GRUNER sagt (Jahrb. Mineral. 1884, II.) von Mangannitrat herrühren.

auch Vogelleichen sind schon in derartigen Höhlungen angetroffen; doch gehören grössere Mengen zu den grossen Seltenheiten im Caliche. Das unmittelbare Hangende des Caliche ist ein 0,2 bis 3,5 m starkes, dem liegenden Conglomerat ähnliches Gestein; nur das Korn der Einschlüsse pflegt ein feineres zu sein, auch treten mehr und mannigfaltige Salze darin auf. Glaubersalz verkittet da zuweilen die sog. Costra im Verein mit dem constanten Chlornatrium; dazu gesellt sich u. a. Gips, der hie und da in Drusenräumen auskrystallisiert ist, während das Steinsalz zuweilen Nester, ja ganze Bänke bildet. Die Stärke der Costra (Kruste) nimmt meist mit der Annäherung an die Böschung der Muldenränder von der Mittelpartie aus zu. Die oberste Decke der Salpeterbetten besteht, wie schon vorhin erwähnt, aus einem aschgrauen Sande, der zum Teil durch ein thoniges oder mergeliges Cement zusammengehalten wird und Brocken der früher angeführten Gesteine in ungleichmässiger Verteilung einschliesst. Chlornatrium mit Natriumsulfat erteilen der Masse einen hinreichenden Zusammenhang, um sie als Material für leichte Bauten verwenden zu können. Dieser, sozusagen halbfertige, bis 0,35 m mächtige Salzsandstein mit seinen manchmal recht dicken Ausblühungen von unreinem Glaubersalz gilt daher als Kennzeichen für darunter liegende Nitrate.¹ Nahe unter der Oberfläche finden sich in dieser Decke zuweilen auch vegetabilische Reste, wie Holz-, Schilf-, Binsenstücke u. s. w.

Nicht immer sind die hier aufgezählten Schichten gleichzeitig vorhanden; es kommt vor, dass die Unterlage des Caliche nur von einer dünnen Kalk- und Sandschichte mit abgeriebenen Muschelresten gebildet wird, oder dass das Liegende ganz fehlt, so dass der Salpeter unvermittelt den Felsengrund deckt; ja sogar auf Humusboden findet er sich mit einer dünnen Schicht von Pflanzendetritus als Unterlage; manchmal sind auch das Hangende und Liegende entwickelt, aber das Nitrat selbst gar nicht, oder das Grundgebirge bildet gleichsam eine Insel in seiner Umgebung und ist nur von Geröll und Trieb-

¹ Traurig genug sieht eine solche Localität, wie überhaupt die ganze regen- und damit auch vegetationslose Wüste aus. Weithin dehnt sich die Ebene, deren Oberfläche mehr mit Schollen und Trümmern, als mit etwas anderem bedeckt scheint; nur zwischen den Gesteinsblöcken und Brocken treibt sich Flugsand hin und her, wo er nicht durch Salzefflorescenzen festgehalten ist. In jenen Gegenden muss man, um die Farbe der Hoffnung nicht aus dem Gedächtnis zu verlieren, ein Stück grünen Buntpapieres mit sich führen; und doch hat sich der Mensch dort eingenistet und entfaltet eine ameisenartige Thätigkeit, um vergrabene Schätze ans Tageslicht zu fördern.

sand bedeckt; nicht selten trennt ein schmaler Horizontalstreifen des liegenden Conglomerates das eigentliche Salpeterbett in zwei Hälften; ist das Dachgestein nicht zur Abscheidung gelangt oder nur durch eine schwache salinische Decke gebildet, so ist das Nitrat meist sehr unrein; kurz, alle möglichen Modificationen treten dort auf.

Der ganze Schichtenkomplex erreicht, wenn vollständig repräsentiert, also nur eine Mächtigkeit von etwa 4 m in Taparacá. Auf grössere Entfernungen hin ist derselbe sachgemäss nicht zu verfolgen; es waren Mulden, die zum Teile unabhängig von einander, festes Material, Schlamm, träge Salzlösungen und leichtbewegliche Flüssigkeiten je nach Umständen empfangen und ihren Inhalt dann allen denkbaren physikalischen und chemischen Thätigkeiten überliessen. Bei manchen Mulden blieben im Verlaufe der Zeit nur die an den schrägen Abhängen abgesetzten Sedimente übrig; auch in horizontaler Richtung innerhalb desselben Bettes zeigen sich Verschiedenheiten.

Bisweilen ist der Caliche an den Rändern zwar mächtiger, aber weniger gehaltreich, als in der Mitte; dann und wann besteht die Centralpartie nur aus Kochsalz; man möchte fast glauben, dass tückische Launen, gepaart mit grösster Unruhe, bei allen jenen Bildungen massgebend gewesen sind. Fast kein Kennzeichen ist unfehlbar geblieben für die Existenz oder Bauwürdigkeit einer Mulde, ja nicht einmal für die Dauer einer Ausbeute; so enthält der westliche Abschnitt des Lagers von Yungai, das die tiefste horizontale Partie eines Thalbeckens bildet, nur ein 2,5 m starkes Flötz von pulverigem Steinsalz mit fast verschwindendem Nitratgehalt. An manchen Stellen birgt der Decksand neben Gips und Kochsalz erdigen, weissen Borocalcit oder Boronatrocalcit, der derb seines äusseren Ansehens wegen „Kreide, Tiza“, genannt wird. Auf ähnliche Fälle stösst man öfters, unter grosser Enttäuschung der beteiligten Industriellen.

Wie die Gehalte des Rohmaterials an Nitrat und Kochsalz auf kurze Distanzen wechseln, mögen folgende Analysen von Proben aus naheliegenden Fundstellen der Siederei San Pedro zeigen.

Weisser, reiner Caliche, fast vollkommen in Wasser löslich, enthielt:

Natriumnitrat	.	68,76	69,50	68,93	74,33 %
Chlornatrium	.	29,30	27,70	27,10	20,50 %;

Brauner Caliche dagegen:

Natriumnitrat	.	48,20	60,42	49,11 %
Chlornatrium	.	24,40	23,80	39,90 %. ¹

¹ LANGBEIN, Wagner Jahresber. 1872, 291.

Der braune ist nächst dem grauen der häufigste, hierauf folgt der weisse und gelbe; der farblose und krystallisierte findet sich fast nur in Hohlräumen der andern Varietäten.

Ausser etwas Kaliumnitrat, das selten ganz im Caliche fehlt, und schwachen Mengen von Natriumnitrit kommen vor als

Begleit-Substanzen des Natronsalpeters:

Steinsalz, besonders in den Centralpartien der Salpetermulden mit abschüssigen Uferrändern, da oft bis zu einem Meter Dicke und darüber, während die Randpartien mehr vom Salpeter selbst eingenommen werden. Begleitet nahezu alle Salzgemenge dort.

Sylvin, eingesprengt in mehr oder weniger leicht auffindbarer Quantität in fast allen Arten des Caliche; besonders hervortretend in denen von Laguna, die bis zu 34 % Chlorkalium enthalten.

Natriumsulfat, sowohl als Gemengteil des Caliche als selbstständig. Wasserfrei als Thenardit nicht selten, besonders häufig bei Pica und Matilla. Wasserhaltig als Glaubersalz, ausserordentlich verbreitet; bildet an mehreren Stellen der Provinz Lager von 0,3 bis 0,4 m Mächtigkeit, die sich über kilometerlange Strecken ausdehnen, z. B. bei dem schon erwähnten Pica; landeinwärts bei Mamiña.

Natriumcarbonat findet sich fast immer dem Caliche beigemengt, oft in grösseren Partien, so dass man Stücke davon anwendet, um das Brunnenwasser, das zum Speisen der Kessel dient, von einem Teile des Gipsgehaltes zu befreien. Sowohl RAIMONDI als FORBES erwähnen in bestimmter Weise sein Auftreten mit dem Natronsalpeter; letzterer sagt; „in bedeutender Menge“.

Natriumjodat in geringen Quantitäten, steigend bis zu 0,3 % z. B. in den Caliches von Lagunas.

Natriumbromat, wegen unbedeutender Menge leichter in den Mutterlaugen der Siedereien nachweisbar, als in den Stücken selbst. (Der Gehalt des in Europa käuflichen Rohsalpeters, der in Chile aus dem Caliche hergestellt wird, ist gewöhnlich 0,00001 Jod, 0,000005 Brom).

Chlorammonium. Beobachtet in schwachen Quantitäten bis zu 0,0184 %.

Lithium als Chlorkalium, häufig in Spuren; manche Sorten (Caliche morado) von Lagunas enthalten 0,015 % bis 0,025 %, auch in manchen Boratablagerungen.

Hydrophilit, Chlorcalcium, findet sich fast überall in den Salitrales, und seine Gegenwart zeigt sich durch den feuchten Zu-

stand der Oberflächenpartien an; dieser wird deshalb auch als Merkmal unterliegenden Salpeters betrachtet.

In Natronsalpeter-Krystallen von La Noria fand FORBES 0,45 % und in Caliche von Sal de Obispo bei Pisagua 0,33 %. Auch ohne Caliche kommt Hydrophilit in flachen Vertiefungen vor, in denen er den Thonschichten selbst bei glühender Sonnenhitze durch die angezogene Feuchtigkeit ein so fleckiges, öliges Ansehen giebt, dass man versucht ist, auf das Vorhandensein von Petroleum zu schliessen. RAIMONDI fand in solcher Erde 3,5 % ihres Gewichtes Chlorcalcium.

Calciumsulfat. Wasserfrei als Anhydrit, findet es sich weniger in krystallinischem Zustande, als in amorphen, rundlichen Massen und Stücken von erdiger Beschaffenheit. Zerstreut über die trockenen Ebenen des ganzen peruanischen Littorals, und immer mit Seesalzen imprägniert.

In Tarapacá findet sich Anhydrit sowohl in einzelnen Brocken als auch hie und da in Lagen, die aus solchen rundlichen Bruchstücken dergestalt zusammengesetzt erscheinen, dass die Oberfläche das Ansehen eines Strassenpflasters hat.

Wasserhaltig als Gips in Tarapacá, sehr häufig in pulverähnlichen Aggregaten, aus kleinen krystallinischen Körnern gebildet, in Lagen verschiedener Stärke. In Krystallen öfters in dem hangenden Conglomerat des Caliche. In grossen durchsichtigen Lamellen (Espejuelo) bei Calate. In leichten Massen, knochenstrukturartig durchlöchert bei Pabellon de Pica. Diese Abart ist nach RAIMONDI bedeutend leichter löslich in Wasser, als die gewöhnlichen.

Fast alles Wasser der dortigen Gegenden ist gipshaltig, und der einzige gipsfreie Caliche von Tarapacá ist der, welcher stalaktitisch bei Las Lagunas vorkommt.

Glauberit, Natrium- und Calciumsulfat; wurde zuerst entdeckt 1836 in Knollen von Haselnuss- bis Kartoffelgrösse und in Krystallen dicht unter einer salinischen Costra bei Nueva-Noria. Später an mehreren anderen Punkten dort angetroffen. In einigen Stücken Glauberits von Tarapacá fand man bis zu 6 % Borsäure.

Ein Glauberitkrystall bildet nicht selten den Kern von Knollen von Natroborocalcit (Boronatrocalcit). Man findet dieses Mineral gar nicht selten in inniger Mischung mit dem Natronsalpeter, und die Mutterlaugen der Siedeprocasse enthalten die es constituierenden Borate oft in störender Menge. Auch im Rohsalpeter finden sich zuweilen noch Spuren von Borsäure. In beträchtlichen Quantitäten kommt es zwischen den oben erwähnten Calichales und

Salitrales vor, hie und da noch mit seinen Ablagerungen in dieselben hineinragend. Aber auch abgesondert von den Nitratbecken liegen Anhäufungen von Knollen dieses Borates in einigen Teilen von Tarapacá unter einer dünnen, leichten Kruste von verunreinigtem Caliche; man nennt sie dort ihrer Gestalt wegen Papas, d. h. Kartoffeln; dieselben haben einen Durchmesser bis zu 0,15 m und wiegen bis zu 250 gr. Gewöhnlich sind sie in einem weichen Boden, der aus hellem Thon und Sand besteht, isoliert nebeneinander gebettet. Sie enthalten etwa 1 % Salpetersäure, mit Spuren von Phosphorsäure und Jod.

Kürzlich ist Natroborocalcit auch an mehreren Punkten in Tarapacá weitab von der Küste entdeckt worden, z. B. im District von Mamiña mit Glaubersalz und auf der Pampa von Cancosa nahe der bolivianisch-peruanischen Grenze.

Nach RAIMONDI's Angaben ist dieses das einzige Borat, das in Tarapacá gefunden wird; er bestreitet das Vorkommen von Hayesin, Borocalcit, der in zarten, schneeweissen Krystallnadeln in den Salpeterfeldern mit Glauberit angetroffen werden soll. Der Borocalcit von Taparacá enthält nach THIERCELIN als Verunreinigungen Glauberit und Chlornatrium, aber keinen kohlensauren Kalk.

Bittersalz, Magnesiumsulfat, findet sich ebensowohl an Punkten des Litorals. In Tarapacá kommt es rein in der Nähe von Pica vor; zugleich ist es ein beständiger Factor in der Mischung des Caliche und mehrerer seiner Begleiter.

In den von RAIMONDI angeführten sämtlichen acht Analysen von Caliche ist es vertreten und sind von 0,378—14,162 % angegeben.

Auch FORBES fand im Nitrat von Sal de Obispo 5,93 %, aber keins in ausgesuchten Krystallen von La Noria.

Bischofit, Chlormagnesium, fehlt auch nicht im Caliche. RAIMONDI giebt zwar nur in einer seiner Analysen 0,696 % an, aber im Rohsalpeter, der von dort nach Europa importiert wurde, fand WAGNER² 0,96 %.

In sehr reinem violettem Caliche ist von RAIMONDI auch Kupferoxyd nachgewiesen worden, wenn auch in so geringer Menge (0,0005 in 0,128 unlöslichen Rückstandes), dass eine durch Kupfersalze produzierte Färbung nicht wahrscheinlich ist. Eisenoxyd mit Manganspuren, Thon und Kieselsäure sind fast constante Bestandteile der unlöslichen Rückstände des Natronsalpeters. Das bis jetzt aller-

¹ Chem. Ber. 5, 434.

² Chem. Centralblatt 1870, 277.

dings nur als vereinzeltes Vorkommen beobachtete Auftreten von gediegenem Schwefel in einem jodreichen Caliche von Lagunas ist durchaus nicht auffallend; ebensowenig wie der Umstand, dass Schwefel, der beim Filtrieren einer Lösung von Caliche mit den unlöslichen erdigen Verunreinigungen auf dem Filter zurückbleibt, bis heute erst in einem einzigen Stücke aufgefunden worden ist.

Man muss hiebei berücksichtigen, dass in jenen traurigen Gegenden für Operationen im rein wissenschaftlichen Interesse den Probierern nur wenig Sinn bleiben und noch weniger Zeit zur Verfügung stehen kann, und dass im Gegensatze hierzu sogar in Stassfurt, wo höchstbegabte Chemiker unter den allergünstigsten Bedingungen für die reine Wissenschaft während vergangener Decennien wetteiferten und es heute noch thun, erst nach langem Suchen und mancherlei Controversen die Gegenwart von Schwefel, Phosphorsäure etc. zweifellos constatirt worden ist.

Unter derartigen Umständen ist es noch zu bewundern, dass nicht mehr und grössere Lücken in den Kenntnissen über die Gebilde der schrecklichen nordchilenischen Wüsten vorhanden sind. (Siehe Note 1. im Anhang.)

Geht man die Reihe der bisher aufgezählten Substanzen durch, so gelangt man durch Vergleich mit den einfachen Salzen, aus denen die Ablagerungen der norddeutschen Mutterlaugensalze z. B. in der Egelstassfurter Mulde, sei es in einfachen oder combinirten Verbindungen, zusammengesetzt ist, unausbleiblich zu dem Schlusse, dass hier eine ganz ähnliche Ansammlung von Mutterlaugensalzen vorliegt, welche das Material für die Bildung des Natronsalpeters geliefert haben; sogar der Schwefel fehlt nicht und Salmiak kommt ja (wenn auch noch nicht gerade von Stassfurt bekannt) im Salze von Friedrichshall, Rosenheim, Kissingen, Orb und Dürkheim, im Steinsalz von Hall und den Mutterlaugen der Sole von Halle ebenfalls vor.¹

Der Umstand, dass einzelne Substanzen, z. B. Jod mit Lithium in Tarapacá mehr hervortreten im Vergleich mit der Zusammensetzung der deutschen Ablagerungen, wird weiter unten erklärt werden.

Weiterhin wären nun noch zu erwähnen als in die Reihe der dortigen Mineralien gehörend, folgende:

Tarapacaït, Kaliumchromat, als Seltenheit in sichtbaren Partien vorkommend, häufiger als höchst fein verteilte gelb und rötlich färbende Substanz im sog. Caliche azufrado. Diese Sorte Natron-

¹ BISCHOF, Chem. Geol. I, 636.

salpeter ist nach den Untersuchungen von DOMEYKO ein aus der Einwirkung von chromhaltigen Lösungen auf Rohsalpeter entstehendes variables Gemenge verschiedener Salze. DOMEYKO fand in einem solchen:

Natriumchromat	0,70
„ -jodat	4,95
„ -chlorid	16,63
„ -nitrat	42,80
Kaliumsulfat	4,59
„ -nitrat	12,81
Lithiumchlorid	0,12.

Das Auftreten von Chrom wird nur in der Nähe von Anhöhen, die chromhaltige Eisenerze bergen, beobachtet; die Herkunft desselben ist also leicht zu begreifen. Die Oberfläche nierenförmiger Stücke des Tarapacaits zeigt zuweilen eine tief orangerote Kruste, die nach WILLIAMS Kaliumbichromat ist.

Alunogen, Thonerdesulfhydrat in seidenglänzenden, schneeweissen Partien von den Cerros pintados. Es enthält nach RAIMONDI 16,80 % Thonerde, 36,60 Schwefelsäure mit 46,50 Wasser, der Formel $\text{Al}_2 \text{S}_3 \text{O}_{12} + 22 \text{ aq.}$ nahezu entsprechend, ist also sehr rein und dabei in Wasser vollkommen löslich. Nach FIELD¹ enthält dieser Alaun meist noch etwas Eisenoxyd und Kieselsäure neben Chlornatrium.

Pickeringit, Talkerdealaun, $\text{Mg SO}_4, \text{Al}_2 \text{S}_3 \text{O}_{12} + 22 \text{ aq.}$ wird mehrfach von andern, aber nicht von RAIMONDI angeführt. Er soll mit Boronatrocalcit dort gefunden werden und enthält nach HAYES Schwefelsäure 36,32; Thonerde 12,13; Talkerde 4,68; Kalk 0,13; Eisen und Manganoxydul 0,43; Wasser 45,45; Salzsäure 0,60.

Es ist nicht anzunehmen, dass das von HAYES untersuchte Mineral Magnesiasulfat nur als Beimengung gehabt habe; beide Species können dort vorkommen. Ein zum Pickeringit gehöriges Salz findet sich auch unter ähnlichen Salzverhältnissen bei Spanisch Fork in Utah, und der grosse Salzsee wird ebenfalls dafür als Fundort angegeben. Eine blosse Verwechselung liegt daher wohl nicht vor.

Keinenfalls durfte aber hier die Erwähnung des Auftretens von Alaunmineralien, welches wegen der Analogie mit andern amerikanischen Salzfeldern wichtig ist, unterbleiben.

Ebensowenig darf die Anwesenheit von Calcium- und Magnesiumcarbonat übergangen werden, da dieselben möglicher- oder wahrscheinlicherweise an den stattgefundenen Umsetzungen beteiligt gewesen sind.

¹ Journ. chem. soc. 2. S. vol. 7 p. 259 (erw. Chem. Centrbl. 1870 Nr. 1).

Freilich sind Analysen des Untergrundes der Salitreras nicht vorhanden und solche von Lösungsrückständen des Caliche sind selten. RAIMONDI giebt nur eine in seinem Werke (Minéraux du Pérou, p. 292) an, aber diese ist bezeichnend genug.

Der unlösliche Rückstand eines sehr reinen Stückes Caliche morado betrug 0,128 und enthielt Kiesel und Thon 0,0590; Eisenoxyd 0,0060; Kupferoxyd 0,0005; Manganspuren; Kalkcarbonat 0,0355; Magnesiicarbonat 0,0270. Die beiden letzten Verbindungen zusammen überwiegen also die Menge der kieseligen und thonigen Verunreinigungen in einer ausdrücklich als „mui puro = très pure“ bezeichneten Sorte. Die löslichen Bestandteile ergaben:

Natriumnitrat	23,6000
Natriumchlorid	39,1327
Kaliumchlorid	23,0940
Lithiumchlorid	0,0250
Ammoniumchlorid	0,0184
Natriumsulfat	0,6620
Calciumsulfat	0,2425
Magnesiumsulfat	14,1621
Eisenoxydulsulfat	0,0065.

Hieraus lässt sich wohl schliessen, dass in unreineren Stücken die Menge der kohlensauren Erde noch grösser ist.

Weisser Caliche enthält etwa 12 % Unlösliches, gelber an 10 %.¹ Die Anwesenheit von Kalk in den obersten Decken der Calichelagen wurde oben schon bei Erwähnung der Schichtenfolge betont. Kalkstückchen nahe der Bodenoberfläche finden sich sehr häufig. Eine ältere Analyse aus den vierziger Jahren von HOFSTETTER² giebt als Bestandteile von Chilesalpeter an:

Natriumnitrat	94,291
Natriumchlorid	1,990
Kaliumsulfat	0,239
Kaliumnitrat	0,426
Magnesiumnitrat	0,858
Wasser	1,993
Unlösliches	0,203

Offenbar hat HOFSTETTER einen exportierten Roh- (d. h. schon

¹ Berg- u. Hütten-Ztg. 1876, 15.

² Ann. Chem. Pharm. 45, 340. Ist unter dem Namen HOCHSTETTER mit dem Citat v. Leonh. Jahrb. 1846, 235 noch in die Mineralogie von DANA 1875 übergegangen.

geläuterten) Salpeter untersucht und keinen Caliche. Kaliumsulfat und Magnesiumnitrat werden von keinem Analytiker nebeneinander als Bestandteile von Caliche erwähnt; eine Umrechnung in Kaliumnitrat und Magnesiumsulfat würde wohl der Wirklichkeit näher kommen.

Guano tritt wohlerhalten nicht häufig auf, dagegen sind braune Streifen zersetzten Guanos unter der Salzkruste gar nicht selten. Der noch als solcher kenntliche Guano ist nicht pulverig, wie der der Küste, sondern zusammenhängend, von brauner Farbe und ammoniakalischem Geruch.

Möge hier noch die Art von Bitumen angeführt werden, welche dem Caliche hie und da eine blassultramarinblaue Farbe erteilt, ganz ähnlich wohl wie beim bläulichen Chalcedon, Anhydrit, Steinsalz und dem violetten Amethyst.

Was den nördlichen Teil von Atacama anlangt, der sich in meridionaler Richtung der Pampa del Tamarugal anschliesst, so liegen darüber weniger specielle Nachrichten vor; jedoch ist die Lücke nicht nennenswert, da der grösste Teil der Wüste von Chile aus recognosziert worden ist.

Das Hinterland der schmalen Provinz Tarapacá gehört zu Bolivia, und sind einige der dort obwaltenden Verhältnisse schon beiläufig erwähnt worden.

Gerade in diesem Hinterlande erleiden die Anden zwischen 21 u. 22° S. Br. (also ziemlich rein östlich von Iquique) eine erhebliche Störung. Sie teilen sich daselbst in verschiedene Arme, von denen der östlichste oder Hauptarm einen plötzlichen Sprung von etwa acht geographischen Meilen gegen SO hin macht und in sanftem Bogen gegen SSW bis gegenüber von Copiapó geht. Die westlichen schmalen und niedrigen Arme laufen divergierend bis zum Breitengrade von Calama, gehen dann untereinander parallel südlich und vereinigen sich bei Salina de Punta negra zu einem zweiten Stamm, der bei Copiapó dem eigentlichen Hauptstamm sich wieder anschliesst. Etwas eigentümliches tritt bei dieser Störung des Zusammenhanges der Anden auf. Sie bilden nämlich in diesem bedeutenden Zwischenraum kein regelmässig zusammenhängendes oder geschlossenes Kettengebirge, wie weiter nördlich und südlich von diesem Teile, sondern ein zertrümmertes aufgelöstes Bergland mit grossen Sand- und Salzwüsten, Seen und Sümpfen. Dieser Umstand ist sehr beachtenswert für die Erklärung vieler auffallender Erscheinungen auf beiden Abhängen der Anden.

Auf den westlichen Abhängen existieren folgende Salzbildungen:

Die Laguna de Salinas auf der grossen Hochebene. Die Salzschrift derselben von mehreren Meter Stärke besteht aus einzelnen Lagen blendendweissen Salzes, die 9—14 cm dick sind und durch gelblich grauen Salzthon fest miteinander verkittet sind. Hie und da finden sich rötliche Streifen von Eisenfärbung; im Ganzen ist das Salz jedoch so rein, dass es sich direct für die Amalgamations-Processse und den Hausgebrauch eignet (FRANCKE). Unter der Salzschrift steht Wasser und ist deshalb die Laguna nur im Sommer passierbar. Ihre Grösse beträgt 141 Quadratmeilen (fast die des Grossherzogtums Hessen!). Auf derselben an 3700 m hohen Ebene versiegen oder verdunsten auch die Wasser des Titicacasees.

Die Pampas von Chacarilla, Huasco, Coipaza, Empexa und Cana (Paco-Paco), sowie die von Ascotan, zusammen an 80 Q.M. gross, liegen in fast derselben Höhe und sind sämtlich, mit Ausnahme der ersten, mit blätterigen Krusten schneeweisser lockerer Salze bedeckt, die aus Kochsalz, Soda und Magnesia¹ bestehen. Dazu tritt eine nicht ganz unbedeutende Menge von Schwefelblumen, die namentlich in der Pampa de Coipaza auffällt; in der Laguna oder Pampa de Ascotan finden sich zugleich ausgedehnte Lager eines Natronborates, die die ganze Gegend zwischen dem Städtchen Ascotan und dem etwa vier Meilen südlich gelegenen Polapé einnehmen.² Das Mineral besteht aus feinen weissen, seidenglänzenden Nadeln, die lockere Aggregate bis zu Faustgrösse bilden. Eine im Berliner Universitätslaboratorium von M. HOHAGEN ausgeführte Analyse von Material, das der Verfasser im December 1867 einem für Barau Hermanos in Cobija gerade von Ascotan anlangenden Transport entnahm, ergab:

Borsäure	31,557
Kalk	12,818
Natron	3,519
Schwefelsäure	5,667
Natrium	4,567
Kalium	0,528
Lithium	0,341
Chlor	9,187
Wasser	29,099
Unlösliches	2,719
	100,000.

¹ RECK sagt nicht, an welche Säure gebunden.

² El Peruano 4. Aug. 1880.

Hieraus folgt die Formel: $\text{Ca B}_4 \text{O}_7, \text{Na H SO}_4, (\text{Na, K, Li}) \text{Cl} + \text{aq.}$

Dasselbe Borat kommt auch im Flussbett des Rio Loa vor, höchst wahrscheinlich von Ascotan her früher eingespült. Das letztere Salzbecken und die weiter nach Süden liegende Depression Salina de Atacama gehört zu der mittleren Terrasse.

Die Reihe der Salinen der ersten Terrasse (mit Nitraten) setzt sich auch südlich vom Rio Loa fort. Zuerst trifft man nordöstlich von Cobija und nördlich von Culupo auf eine mächtige Salzmulde, und weiterhin etwa 15 Meilen von der Küste entfernt, auf die salzreiche Umgegend von Caracoles, das seit 1870 durch seine reichen Silbererzgänge so berühmt geworden ist. Auf der Ostseite der Serrania (Gebirgslandschaft) von Caracoles steht ein wohl 30m mächtiges Lager von blendendweissem, feinkörnigem Gips an, das sich von NNO nach SSW in einer Ausdehnung von $1\frac{1}{2}$ Meilen verfolgen lässt.

Mit Ausnahme der höheren Spitzen und Rücken der Bergzüge ist die Oberfläche des Mineraldistrictes mit einer Decke versehen, welche Gerölle von grauem Kalk und Sand durch Gips verkittet zeigt, und Gips hat auch die oberen oft zerklüfteten Teile der unter dieser Bildung liegenden Juragesteine entweder schnürenartig durchzogen oder imprägniert.

In den Niederungen ist diese Decke stärker und kompakter als an den Abhängen und enthält Glaubersalz, Bittersalz, Alaun neben Kochsalz etc., deren Ausblühungen den Boden zuweilen fushoch bedecken. Dieselbe ist von 0,5—6 m stark und den Schürfarbeiten auf Erzgänge, besonders in tieferen Stellen oft sehr hinderlich. Aber obwohl die Arbeiter das Gestein Caliche nennen wegen der äusserlichen Aehnlichkeit mit dem Salpeter, enthält es kein Nitrat.

Die chilenischen Geologen und Mineningenieurere haben ganz Atacama in letzter Zeit sehr eifrig nach allen Richtungen durchforscht und liegen sehr genaue Berichte von ihnen vor. Ehe diese aber hier in gedrängten Auszügen Platz finden, scheint es angemessen, die Hauptmomente für die Entstehungsweise des Natronsalpeters aus den vorher erwähnten Daten von Tarapacá ganz kurz abzuleiten und dann zu zeigen, dass die Verhältnisse in Atacama mit der auf die schon besprochenen Thatsachen basierten Anschauungen über die Genesis jenes Nitrates vollkommen übereinstimmen. Die genaue Ausführung der Beweise für die Richtigkeit der Anschauung des Verfassers, sowie die Gründe gegen andere Erklärungen werden dann zweckentsprechend am Ende folgen.

Fast auf der ganzen Höhe der Anden liegen bekannter Weise enorme Steinsalzflötze, die zur Zeit des langsamen Auftauchens der ganzen Kette in Nord- und Südamerika gebildet wurden. An der marinen Herkunft aller bedeutenden Salzlager, also auch dieser, zweifelt heutzutage wohl kein Geolog mehr; aber die Art, wie solche aus dem Ocean entstehen, ist doch erst seit kurzem aufgefunden,¹ und muss ich dieselbe des allgemeinen Verständnisses halber in kurzen Zügen hier erläutern.

Entstehung von Steinsalzflötzen aus dem Meere.

Im allgemeinen lässt sich die Zusammensetzung der Wasser des offenen Oceans durch folgende Zahlen definieren:

Wasser 96,473 %, feste Stoffe 3,527 %; das specifische Gewicht beträgt im Mittel 1,0275.

Die festen im Meerwasser gelösten Stoffe bestehen aus folgenden Hauptbestandteilen:

Chlornatrium	75,786
Chlormagnesium	9,158
Magnesiumsulfat	5,597
Calciumsulfat	4,617
Chlorkalium	3,657
Bromnatrium	1,184
	100,000;

und wird die vorstehende specielle Gruppierung dieser acht Elemente durchweg angenommen, wenn sie auch nicht als absolut zu betrachten ist.

Ausser diesen und dem als Bestandteil des Wassers hinzuzurechnenden Wasserstoff finden sich aber noch viele andere, ja man darf wohl sagen, alle Elemente im Meerwasser aufgelöst, wenn ihre Quantität greifbar auch nur aus grossen Massen, oder spectralanalytisch oder aus Meeresorganismen, die solche aufsammeln, oder aus Schiffskesselsteinen oder auf andere Weise direct oder indirect nachzuweisen ist. Es ist das Vorhandensein sämtlicher Elemente im Oceanwasser umso wahrscheinlicher, als von ihnen allen Verbindungen existieren, die in reinem, noch mehr aber in salzhaltigem Wasser löslich sind.

¹ OCHSENIUS, die Bildung der Steinsalzlager und ihrer Mutterlaugensalze, Halle 1877.

Ochsenius, Natronsalpeter.

Die mächtigen Salzniederschläge aus dem Meere zeigen nun fast alle, dass von den Hauptbestandteilen nur die beiden wenigst löslichen d. i. Calciumsulfat und Chlornatrium abgesetzt wurden und zwar in schwer erklärlicher Weise, indem wohl den Löslichkeitsverhältnissen entsprechend Calciumsulfat als Gips immer das Liegende des Steinsalzes bildet, aber auf letzteres statt der leichtlöslicheren Magnesia- und Kalisalze in den allermeisten Fällen wiederum eine Calciumsulfatdecke, und zwar in Form von Anhydrit, sich auflagert. Der Verbleib der fehlenden Magnesia- und Kalisalzmasse liess sich nicht auffinden.

Ebenso auffallend war es, dass die Steinsalzflötze zu den fast versteinerungslosen Ablagerungen gehören, wogegen benachbarte Gesteine gut erhaltene Petrefacten oft in Menge führen.

Alle diese Umstände ergeben sich aber leicht, wenn ein hydrographisches Element, die Barre, in den Bildungsprocess eingeführt wird.

Sobald eine nahezu horizontal verlaufende Barre einen Teil des Meeres dergestalt vom Ganzen abschliesst, dass nur soviel Seewasser über die Barre einströmt, als die Oberfläche des abgeschnürten Teils auf die Dauer zu verdunsten im stande ist und der so partiell abgeschlossene Teil keine weiteren Zuflüsse, namentlich nicht von süssem Wasser erhält, bildet sich ein Steinsalzlager von bekannter normaler Form.

Es treten in dem Busen nämlich folgende Erscheinungen ein.

Die zuströmenden Wasser verdampfen und reichern durch die eingeführten Salze den Buseninhalte von der Oberfläche nach der Tiefe stetig an.

Die von der Sonne erwärmten oberen Schichten sinken, weil sie durch den höheren Salzgehalt specifisch schwerer werden, unter und teilen ihren Salzreichtum und ihre höhere Temperatur nach und nach dem ganzen Inhalte des Busens mit. Zuerst werden durch den steigenden Salzgehalt die Organismen mit freier Bewegung gezwungen, den bisherigen Aufenthalt zu verlassen und ins freie Meer zurückzukehren, während die der Locomotion entbehrenden zu Grunde gehen. Ihre Reste, soweit sie nicht aufgelöst werden, finden sich als undeutliche Petrefacten in dem sich später einstellenden Niederschlag von Gips, der sie inkrustiert und aufnimmt.

Kurz vor diesem Niederschlag oder gleichzeitig mit dem Anfange desselben erfolgt der vergleichsweise unbedeutende vom grösseren

Teile des kohlensauren Kalkes und Eisencarbonats, und, nachdem Gips das Liegende gebildet, beginnt der Absatz von Steinsalz, in den bekannten blättrigkrystallinischen Massen, begleitet von dem Gehalt an Calciumsulfat und Calciumcarbonat, die in derselben Zeit durch das einströmende Meerwasser zugeführt werden.

Das erstere mischt sich meistens mit dem Steinsalze mehr oder minder gleichmässig; das letztere scheidet sich zuweilen aus.

Wenn auch im allgemeinen die Niederschläge im umgekehrten Verhältnis ihrer Löslichkeit erfolgen, so wird dadurch doch nicht ausgeschlossen, dass geringe Quantitäten der leichtlöslichen Salze mit in die Absätze der schwerer löslichen übergehen. So findet sich z. B. Bittersalz nicht selten dem Steinsalze beigemischt, und vorzugsweise da, wo zugleich eingespülter Thonschlamm mit niederging;¹ auch Combinationen desselben mit anderen Sulfaten kommen, wenn auch nicht häufig, vor, wie z. B. Simonyit; auch Bischofit ist in Lösung in Hohlräumen des Steinsalzes in Cheshire angetroffen und Hydrophilit ist ebensowohl ein nicht seltener Begleiter desselben.

Andernteils halten sich einige im Meerwasser nur sehr schwach vertretene Verbindungen länger gelöst, als nach allgemeinen Regeln zu erwarten ist. Dies gilt u. a. auch von der Kieselsäure, von der Titansäure,² von den Boraten, und unter diesen ganz besonders von der borsäuren Magnesia.

Im weiteren Verlauf des Abscheideprozesses bleiben also die Hauptmassen der leichtlöslichen Salze in den oberen Schichten gelöst und bilden, nachdem die Anreicherung und der Niederschlag solche Dimensionen erreicht hat, dass auch der obere Teil des Buseninhalts eine grosse Concentration zeigt, eine Mutterlauge, welche neben Chlornatrium die übrigen Kali- und Magnesiasalze mit Kieselsäure u. s. w. enthält.

Diese Mutterlauge erreicht im Verlaufe der fortschreitenden Anwachsung der Steinsalzmassen vom Grunde, bzw. der Vermehrung von der Oberfläche aus, zuletzt das Niveau der Barrenlinie und muss, sobald ihr specifisches Gewicht die Kraft der Strömung des einwärts gehenden Seewassers überwinden kann, dicht über der Barre ausfliessen. Der Zugang von einfachem Seewasser wird also von nun an sich auf den oberen Teil der Barre beschränken, während der untere Teil von ausströmenden Mutterlaugen eingenommen wird.

¹ S. Beiträge zur Erklärung der Bildung von Steinsalzlager und ihrer Mutterlaugensalze von CARL OCHSENIUS. Nova acta Leop. Carol. Bd. XI. Nr. 4.

² S. ib. S. 160 Anmerkung und OCHSENIUS, Steinsalzlager S. 113.

Um diese Zeit beginnt die Schlussphase des Processes, nämlich die Bildung des hangenden Calciumsulfatlagers, des sog. Anhydrithutes.

Der Buseninhalte besteht um diese Zeit von unten auf aus Gips, starker reiner Steinsalzaablagerung, concentrirtester reiner Salzsole, ebensolchen Mutterlaugen bis etwas über die Barrenhöhe (bezw. deren tieferen Stellen) und zu oberst aus Schichten zuletzt eingedrungenen Seewassers. Diese vermischen sich durch Wind- und Wellenbewegung mit niederen, salzreicheren und verlieren dadurch einen grossen Teil ihrer Verdunstungsfähigkeit. Der Zufluss von frischem Meerwasser wird verringert, einestheils durch stockende Verdampfung und andernteils durch Verkleinerung der Zuströmungsöffnung, indem die untere Partie der Barrenmündung nicht mehr dem Einströmen von Seewasser, sondern dem Ausgange von Mutterlaugen dient.

Es tritt also weniger Oceanwasser als vorher ein und von diesem verdunstet weniger als zuvor. Hieraus ergibt sich, dass vorzugsweise und in Massen nur der minderlösliche Gehalt an festen Stoffen des Meerwassers ausfällt und dieses ist das Calciumsulfat. Indem nun dieses auf seinem Wege nach der Tiefe die concentrirten Mutterlaugenschichten passiert, wird es wasserfrei, so dass es in Form von Anhydrit die Decke des Salzlagers bildet.

Von den zahlreichen Einschlüssen, die im Anhydrit bezw. in dem aus ihm hervorgegangenen Gips vorkommen, sei hier nur erwähnt Quarz, und von Borfossilien Boracit, Lüneburgit und Turmalin; letzterer ist im Anhydrit und (daraus entstandenem) Gips von Airolo und Val Canaria¹, sowie mit Eisenkies in Gipsstöcken der Pyrenäen² beobachtet worden. Es halten sich also Kieselsäure und borsäure Verbindungen, die nach ihrem Absatze unlöslich im Wasser sind, bis in die Periode der Mutterlaugensalze.

Der grössere Teil der ersteren scheint sich dann mit dem hangenden Calciumsulfat selbständig oder als kieselige Anhydritpartien auszuschcheiden und nur ein geringer Rest scheint in den Mutterlaugen selbst zu bleiben, wie die in Carnallit vorkommenden Bergkrystalle beweisen, wogegen die letzteren, d. h. die Borate, wenn nicht durchaus, doch in ihrer grössten Menge gelöst bleiben.

Dieser Umstand ist für die im folgenden entwickelten Ansichten wichtig.

¹ K. v. FRITSCH, N. Jahrb. Mineralogie 1877, S. 299.

² DESCLOIZEAUX, N. Jahrb. Mineralogie 1880, I. S. 267.

Bei den hier kurz dargelegten Vorgängen wird wohl selten eine regelmässige, ungestörte Aufeinanderfolge sich vollzogen haben. Jede Niveauveränderung der Barre (z. B. durch Stürme hervorgerufen) wirkt natürlich sehr eingreifend auf die unmittelbar danach stattfindenden Niederschläge ein, sei es, dass diese beschleunigt oder verzögert werden; ja es kann sogar eine Wiederauflösung von schon vorhandenen eintreten.

Die hervorgehenden Störungen oder Potenzierungen werden naturgemäss eine grosse Mannigfaltigkeit der verschiedenen Absätze im Gefolge haben. So übernimmt in manchen Fällen der Salzthon, der mechanisch von den Ufern des Busens eingeweht oder über die Barre eingespült wird, die Rolle der schützenden Decke des Anhydrites, wenn solcher nicht mehr gebildet wurde, weil die Barre nicht lange genug ihre Höhenverhältnisse beibehielt; aber immerhin wird das Endproduct, das Salzlager, die allgemeinen Merkmale seiner specifischen Herkunft aufweisen, und es ist nicht schwierig, an der Hand der angeführten Vorgänge fast alle Einzelheiten jedes Salzflötzes zu erklären.

Salzniederschläge aus wässerigen Lösungen unter den erwähnten Verhältnissen haben nun in allen geologischen Epochen von der Gruppe der krystallinischen Schiefer an bis in die Jetztzeit stattgefunden und sind auch heute noch in Thätigkeit.¹

Ansammlungen von Mutterlaugen.

Das mathematische Ende des geschilderten Prozesses d. h. die vollständige Ausfüllung eines Busens mit Gips, Steinsalz (zuweilen mit Polyhalit und unbedeutenden Repräsentanten von Mutterlaugensalzen in den oberen Lagen) und Anhydrit als letztes nivellierendes Glied bis zur Barrenhöhe wird wohl fast nie erreicht worden sein.

In den meisten Fällen sind sicher centrale Vertiefungen übrig geblieben, die mit mehr oder weniger concentrirten Lösungen von Steinsalz und Mutterlaugensalzen angefüllt waren, selbst wenn der bei weitem grössere Teil der letzteren schon über die Barre während des Processes direct ins offene Meer wieder abgeflossen wäre.

¹ A. C. RAMSAY in seiner Rede bei Eröffnung der Versammlung der British Association for the advancement of science in Swansea am 26. August 1880 sagt zwar: „nur vom Silur an“, weil Salzflötze im Salt-Range in Ostindien von silurischen Schichten überlagert werden; es finden sich aber Salzquellen schon im Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer und Syenit, von welchen noch nicht erwiesen ist, dass sie Einsickerungen aus jüngeren Bildungen zuzuschreiben sind.

Die gebliebenen Reste, so bedeutend oder unbedeutend ihre Quantität gewesen sein mag, bilden die in Rede stehenden Ansammlungen.

In beträchtlicher Menge sind die Mutterlaugensalze in fester Form ausnahmsweise hie und da in Norddeutschland z. B. in der Stassfurt-Egelschen Mulde und in Kalusz erhalten worden, wo sie ein äusserst wichtiger Gegenstand bergmännischer Gewinnung geworden sind. In ersterer Mulde sind sie durch besonders günstige locale Umstände über den zugehörigen Steinsalzflötzen fast vollständig und bei letzterer teilweise conserviert worden. Aber sicher stagnierte auch an allen übrigen Localitäten, wo Steinsalzlager vorkommen, ein Teil der Mutterlaugen über dem Hangenden des entstandenen Salzflötzes, mag dies nun Anhydrit oder Salzthon gewesen sein, und die Veränderungen, die im Laufe der Zeit in diesen Laugen stattgefunden haben, ehe sie wieder ins Meer zurückkehrten, die verschiedenen Wirkungen, die sie auf ihrem über- oder unterirdischen Wege dahin ausübten, sowie die Einflüsse, welchen sie dabei ausgesetzt waren, müssen sich verfolgen lassen.

So schwierig ein Nachweis dieser verschiedenen Wirkungen und Gegenwirkungen auch sein mag, weil der quantitativ bedeutendste Bestandteil, der Bischofit (das Chlormagnesium), zu den Substanzen gehört, welche die grösste Anziehungskraft auf Wasser äussern und daher vorzugsweise von eindringender Feuchtigkeit fortgeführt werden, und weil der quantitativ zweitgrösste Hauptbestandteil, das Magnesiumsulfat, auch auf mannigfache secundäre Weise z. B. durch Kieszersetzung in der Nachbarschaft von magnesiahaltigen Gesteinen entstanden sein kann, so muss es doch möglich sein, aus der Art des Auftretens die Abkunft der beiden Salze in den meisten Fällen zu ergründen. Von dem ersteren darf man wohl behaupten, dass es nur aus dem Meere und zwar aus den Mutterlaugen stammt, selbst wenn es durch Vulkanöffnungen auf die Oberfläche gelangt; und von letzteren wird bei weitem der grösste Teil aus derselben Quelle abgeleitet werden müssen, jedenfalls unzweifelhaft da, wo beide vereint vorkommen. Die Mutterlaugen werden hiedurch als ein mächtiges geologisches Agens eingeführt, durch dessen Auftreten viele Erscheinungen erklärlich werden, deren Deutung, wenn auch folgerichtig auf Oceanismus zurückgeführt, doch noch viele Lücken hatte, weil viele Verhältnisse sich nicht aus dem Contact mit einfachem Meerwasser hinreichend belegen liessen.

Überall auf der Erde mit Ausnahme jener Tropengegenden, in

denen keine Steinsalzlager vorkommen, weil starke atmosphärische Niederschläge die Bildung solcher verhinderten, müssen sich Mutterlaugen in primitiver oder veränderter Form finden, und dieses ist wirklich der Fall. Zahlreiche Bitterseen in allen Weltteilen beweisen dieses; die in solchen Seen gelösten Mutterlaugensalze verdanken ihre Existenz immer den Mutterlaugenresten einer Steinsalzbildung, gleichviel ob diese sich in geringerer oder grösserer Entfernung befindet.

Zusammensetzung der Mutterlaugen.

Obwohl diese nicht mit absoluter Genauigkeit angegeben werden kann, da sie je nach dem Zeitpunkte der Unterbrechung des Salzbildungsprozesses eine verschiedene sein muss, so lässt sich doch eine gewisse Norm feststellen, die sich auf den Umstand basiert, dass beim Stagnieren aller Mutterlaugen-Ansammlungen in trockenen Climates ein Moment eintritt, bei dem die Verdunstungsfähigkeit bei gewöhnlicher Temperatur endet.

Es schlägt sich somit von da an kein Salz mehr aus der Lösung nieder und bleibt demnach ihre Zusammensetzung konstant. Die Anhaltspunkte für diese Zusammensetzung ergeben sich aus den mustergiltigen Versuchen von USIGLIO.*

Zur Untersuchung der Niederschläge aus Meerwasser wurde von demselben ein Liter im Gewicht von 1035 gr genommen und langsam an der Luft verdunsten lassen. Die letzten 0,0162 Liter der Flüssigkeit, aus denen sich bei gewöhnlicher Temperatur kein Salz mehr abschied, enthielten nämlich noch

	in Grammen	oder	in Procenten
Chlornatrium	2,5885		30,5576
Magnesiumsulfat	1,8545		21,8926
Chlormagnesium	3,1640		37,3514
Bromnatrium	0,3300		3,8957**
Chlorkalium	0,5339		6,3027
			100,0000

Die leichtlöslichen zerfliessbaren Verbindungen übertreffen dann das Chlornatrium an Menge um mehr als das Doppelte.

Hieran schliessen sich als bemerkenswerte Nebenbestandteile noch folgende an:

* Ann. Chem. et Phys. 27, 172.

** Brom ist neueren Forschungen zufolge als Brommagnesium und Bromkalium im Bromcarnallit vorhanden,

Borsäure, meist mit Magnesium verbunden;
Phosphorsäure kommt in geringer Menge in der Regel mit dieser letzteren vor;
Jod, grösstenteils als Jodnatrium angeführt, wohl aber auch als Jodmagnesium vorhanden;
Kieselsäure, in der Mehrzahl der Fälle freigelöst; dieselbe wird bei der Verwitterung der Gesteine aus ihrer Verbindung mit den alkalischen Basen genommen und dem Meerwasser zugeführt;
Lithium geht sicher wenigstens teilweise mit bis in die letzten Mutterlaugen.¹

Hervorzuheben ist hier die Abwesenheit des Calciumsulfates.

Es muss jedoch in Bezug auf diese letzte Thatsache noch bemerkt werden, dass die oben angegebene Zusammensetzung der Mutterlaugen nur angeführt ist, um einen festen Anhaltspunkt zu gewinnen; etwas veränderte Mischungen kommen ebenfalls vor.

Erscheinen z. B. mit den Mutterlaugensalzen noch Calciumsulfattheile, so müssen sie, wenn sie nicht erst später durch hinzugesetzte Gipswasser eingespült wurden, als secundär entstanden betrachtet werden.

Zu den Bestandteilen der Mutterlaugen muss nämlich noch Chlorcalcium als solches (nicht nur als hypothetische Verbindung) gerechnet werden; Chlorcalcium setzt z. B. mit Chlormagnesium den Tachhydrit, ein specifisches Mutterlaugensalz, zusammen.

Werden nun Salze von der Constitution des Kainits oder Picromerits mit Chlorcalciumlauge, die leicht aus der Zersetzung von Tachhydrit hervorgehen kann, behandelt, so entsteht Chlormagnesium, Chlorkalium und Gips, der allerdings sich niederschlagen wird, aber doch mit den übrigen Salzen gemeinschaftlich erscheinen kann. Allein dieser Umstand hat auf das Wesen des Ganzen keinen allzugrossen Einfluss; jedenfalls ist eine entstandene Vermehrung des Procentatzes der leichtlöslichen Salze des Meerwassers und ein Borgehalt als allgemeine Charakteristik des Begriffes Mutterlaugen zu bezeichnen.

Erstarrungstemperatur von Mutterlaugen.

In Bezug auf den vorhin gebrauchten Ausdruck „gewöhnliche Temperatur“ muss hier bemerkt werden, dass Mutterlaugen von der oben angeführten Zusammensetzung bei trockener Atmosphäre und

¹ F. BISCHOF, Steinsalzlager von Stassfurt S. 57.

40° C. Sonnenscheinstemperatur in Gefässen vollständig erstarren, im Schatten aber wieder allmählig Wasser anziehen.

Da sich nun die oberen Schichten von Mutterlaugen in einer Vertiefung in heissen regenlosen Climates unter wolkenlosem Himmel stark erwärmen, und der dabei entstehenden Concentration des Salzgehaltes wegen schwerer werden und untersinken, so kann sich eine Temperatur von 40° leicht dem Ganzen mittheilen, wenn der Wärmeverlust in der Nacht nicht dem Zuwachs am Tage gleichkommt, und es wäre also eine temporäre Erstarrung der Mutterlaugen im Sommer durchaus nicht ausgeschlossen.

Für eine derartige Erwärmung des ganzen Beckeninhaltes liefert das Mittelmeer einen schlagenden Beweis. Dieses ist durch die Schwelle bei Gibraltar vom Ocean partiell abgeschnürt und zeigt bis in seine grössten Tiefen bei 4000 m eine Temperatur von fast 14°, während der offene Ocean schon bei viel geringeren Tiefen westlich von Gibraltar 0 bis 3° hat.

PRSCHEWALSKI beobachtete in der Wüste Gobi Anfangs Juni 1879 68°, wobei sich der Boden auf 38° erwärmte, so dass er nur des Nachts reisen konnte; in Australien kommen noch höhere Temperaturen vor, z. B. 45,5° im Schatten und 82,2° in der Sonne.¹

Nach den Beobachtungen von E. PFEIFFER² reichen 50° aus, um die Salze einer Mutterlaugenansammlung, wie die von Egelstassfurt ist, auskrystallisieren zu lassen.

Zu einer dauernden würde aber die Erstarrung von Mutterlaugen erst durch eine starke, annähernd luftdichte Bedeckung von erdigen Massen werden können.

Tritt nun bei solchen Ansammlungen wie die erst erwähnte eine weitere Wasserentziehung ein, so schlägt sich anfangs Steinsalz in vorwiegender Menge nieder und nach und nach folgen die übrigen Bestandteile. Am längsten widersteht der grösste Teil des Chlormagnesiums, Chlorkaliums und die Jodverbindung des Natriums und Magnesiums dem totalen Niederschlag bzw. der Erstarrung, wie aus der Zusammensetzung der Lager von Mutterlaugensalzen der Egelstassfurter Mulde hervorgeht. Dieses Lager, und noch weniger das von Kalusz, kann zwar kein vollgiltiges Normalbeispiel einer ausnahmsweise starr gewordenen Ansammlung von Mutterlaugensalzen abgeben, weil die Lithium- und Jodverbindungen fehlen, bietet aber

¹ Nature, März 1882, S. 483.

² Archiv f. Pharmacie 1877, S. 305.

doch hinreichenden Anhalt, um zu zeigen, dass im Bereich der süd-americanischen Anden ganz ähnliche Vorgänge stattgefunden haben, wenn die Mutterlaugensalze auch nicht mehr über den betreffenden Salzflötzen lagern, sondern sich davon entfernt haben.

Mutterlaugensalze in den Anden und auf deren Abhängen.

Der Erhebung der Anden war die Bildung der Küstencordillere da, wo solche noch jetzt vorhanden, voraufgegangen. Die Salzbildungsprocesse kamen wohl nicht überall in vollständiger Reihenfolge zu Ende; nicht jedes Becken enthielt ein Salzflötz, als die Hebung des ganzen Systems den Zutritt des Meeres zu den Buchten abschnitt; jedenfalls aber blieb über jedem entstandenem Salzflötz eine Ansammlung von Mutterlaugen stehen.

Der die Hebung hervorruhende Vulkanismus bewirkte aber auch durch die massenhaften Exhalationen von Kohlensäure zugleich eine Überführung von Chlornatrium in Natriumcarbonat¹ und dieses, dessen

¹ Hiezu möge nur kurz bemerkt werden, dass das Einleiten von Kohlensäure in eine wässrige Lösung von Chloralkalien einen Teil von diesen in Alkalicarbonat und freie Salzsäure verwandelt, wie sich spectral-analytisch nachweisen lässt, dass dabei das Kochsalz grössere Mengen Carbonates erzeugt, als Kalium- und Lithiumchlorid, dass die Chloralkalien überhaupt durch gewisse organische Säuren verhältnismässig leicht zersetzt werden (z. B. durch Milch-, Oxal- oder Ameisensäure), wie ja auch die Anwesenheit von freier Salzsäure in unserem Magensaft und in den Mundhöhlen von Conchylien z. B. *Dolium* beweist (das Tier spritzt solche zur Verteidigung aus) und dass endlich die in der Natur vorkommenden grösseren Ablagerungen von Soda, Trona, Urao etc. stets nur da vorhanden sind, wo jüngere vulkanische Gesteine, bei deren Emporsteigen sicher viel Kohlensäure zur Entwicklung gelangte, in Contact mit Mutterlaugensalzen geraten sind, so im Westen von Nordamerika (besonders in Nevada), in Ungarn, Ägypten, Mittelafrica, Ostindien etc.; wogegen die innige Berührung zwischen Chlornatrium und Kalkcarbonat (nicht Kalkhydrat!) durchaus keine Umsetzung in Chlorcalcium und Natriumcarbonat bewirkt, wie man in der Sahara und in Utah sehr charakteristisch beobachten kann. Die Kohlensäure treibt bekanntlich, besonders bei höheren Temperaturen, falls sie in genügender Menge vorhanden ist, zuletzt auch die stärkste Säure, die Schwefelsäure, aus. In starker Hitze wird Steinsalz zu Ätznatron, und bei jedem Nachlass der vulkanischen Energie tritt Kohlensäure in überwältigenden Mengen auf. Zudem enthält das natürlich in grossen Lagern vorkommende Natroncarbonat oft etwas Borsäure, die sich weder im primitiv abgesetzten Steinsalz noch im kohlensauren Kalke findet, oder es kommt in Verbindung mit Boraten vor. Zu diesen gesellen sich Chlornatrium und meistens Natriumsulfat, also lauter Natronsalze. Auch das Zurückziehen dieser von der übrigen Gesellschaft ist leicht zu deuten. Die durch Eindringen von Kohlensäure entstehenden Carbonate des Magnesiums und Calciums, auch Lithiums,

Existenz im Natronsalpeter ja schon Erwähnung fand, gab die Basis für die Salpeterbildung ab.

Durch die mechanischen Gewalten wurde ferner die Zertrümmerung der Anhydritdecken der Salzlager bewirkt, und das Öffnen der Barrenverschlüsse, die die Mutterlaugen noch zurückhielten. Diese flossen hienach über- oder unterirdisch nach den tieferen Regionen in Westen und Osten hin, bildeten in den Pampas der Argentina die Salzsümpfe und -Felder, sowie einzelne Boratlager, erreichten an der näheren Westküste das Meer, da wo keine Küstencordillere sie hemmte, z. B. in Perú nördlich von Arica, blieben aber in Atacama und Tarapacá (auch in Californien, Nevada) in noch verhältnismässig grosser Höhe stehen; denn da hielt sie die Küstencordillere auf. Ausserordentlich heftig müssen derartige Revolutionen gerade in den Regionen gewesen sein, die auf S. 14 mit specieller Bezugnahme hierauf erwähnt werden. Zwischen 21° u. 22° S. Br. scheint das Centrum von kolossalen Salzwasserergüssen zu liegen, wogegen die viel weiter nördlich und südlich gelegenen Ketten weniger Zertrümmerungen und ihre Abhänge weniger Mutterlaugenreste zeigen. Bei der Abwärtsbewegung dieser Fluten, welche vielleicht in verschiedenen Etappen erfolgte, fanden natürlicherweise mancherlei Zersetzungen und Wechselwirkungen statt. Nicht alle Bestandteile der Laugen gelangten gleichmässig vor die letzte Barrière. Die Abscheidung der Borate begann zwar in Tarapacá, z. B. bei Mamiña, Cancosa, wie in Atacama, z. B. bei Ascotan, Maricunga in annähernd gleicher Entfernung vom Meere, endete aber in Tarapacá erst dicht vor der Küstencordillere, während sie in Atacama, namentlich bei Maricunga, schon in geringer Entfernung weiter westwärts endete, also hier wurden sie ausgefällt, ehe die Laugen den letzten Sammelpunkt erreichten, und nicht wieder gelöst, nachdem sie einmal weiter oben abgeschieden waren, während sie dort viel weiter nach Westen

sind nahezu unlöslich, bleiben also bei den Wanderungen des Natriumcarbonates zurück, das etwa gleichzeitig gebildete Kaliumcarbonat ist zerfliesslich und geht in die Tiefe, sobald die Soda sich irgendwo abgelagert hat, setzt sich mit andern Mineralverbindungen um und erscheint also nicht mehr (ein einmaliges Auffinden von etwas doppeltkohlensaurem Kali unter einem alten Baumstumpf in Wallis brachte ihm nur den Namen Kalicin ein); die übrig bleibenden Säuren, d. h. Schwefel-, Bor- und Salzsäure sind dergestalt nur auf Natrium angewiesen, deshalb bleiben auch nur die entsprechenden Natronsalze mit der Soda, Trona etc. als deren Begleiter übrig. Die genaue Auseinandersetzung und Beweisführung derartiger Vorgänge wird ein besonderes Heft bilden, hier genüge die Erwähnung, dass die Existenz von Natriumcarbonat im Chilesalpeter nachweislich vorliegt.

drangen. Wo nun gegenüber diesen unten sich vollzogen habenden Mutterlaugenansammlungen an der Küste Guanolager existierten und heftige Seewinde auftraten, empfangen die Salzlösungen bei den Staubstürmen die feineren ammoniakhaltigen Teile jener Lager.

Die (dort auch noch heute herrschenden) Westwinde liessen den aufgewirbelten und fortgeführten Guanostaub zwischen der Küstencordillere und den Anden fallen, wogegen die specifisch schwereren erdigen Bestandteile, namentlich die Phosphate, in den Guanolagern zurückblieben. Dieses geht daraus hervor, dass der Guano an der Küste südlich von Arica fast ausnahmslos sog. Phosphatguano ist, wogegen reicher Ammoniakguano, wenngleich nur in unbedeutenden Massen, sich landeinwärts in dem entsprechenden Wüstenteile selbst findet.

Nördlich von Arica gelangten keine Mutterlaugenseen in der Küstenregion zur Bildung, und es existieren heute noch keine so heftigen Winde, deshalb traten dort auch keine Nitrificationsprocesse d. h. keine Formation von Nitraten ein, und der Guano blieb ammoniakreich.

Der Guano gab den Hauptanstoss zu der beginnenden Salpeterbildung, die höchst wahrscheinlich noch durch Oxydierung des atmosphärischen Ammoniaks unter den dortigen eigentümlichen meteorologischen und terrestrischen Verhältnissen begünstigt wurde.

So erklären sich ausserordentlich leicht alle die Bedenken, welche hervorgerufen wurden durch die bedeutende Höhe der Salzlager über dem jetzigen Meeresstrande, durch das gänzliche Fehlen von Versteinerungen in ihnen (weder Salzflötze noch Mutterlaugen können solche auf ursprünglicher Lagerstätte enthalten), durch die Distanz zwischen den primitiv aufgelagerten Guanomassen und den Salpeterfeldern und durch den Mangel an Phosphaten im Caliche; zugleich wird aber auch das Überwiegen dieser letzteren im Guano des südlichen Teiles der Küste erklärt; und ebenso leicht lassen sich die eigentümlichen Erscheinungen in den oberen Teufen der Erzgänge jener Region neben manchem andern begreifen, das zwar auch unabweisbar marinen Einflüssen zugeschrieben werden muss, aber bisher nicht in Einklang mit Meeresbedeckungen gebracht werden konnte.

Specielle Lagerungs- und Mischungsverhältnisse des Natronsalpeters.

Die stratigraphischen Verhältnisse, die begleitenden Gesteine und Absätze, die Beimengungen und Zusammensetzungen des Caliche

sind, wie schon oben erwähnt, an vielen Localitäten nicht nur von Mulde zu Mulde, sondern auch innerhalb der Grenzen derselben Einsenkung so verschieden, dass ein näheres Eingehen auf solche Einzelheiten unerlässlich erscheint, um ein annähernd zutreffendes Bild der herrschenden Unregelmässigkeiten bieten zu können.

Analysen von Natronsalpeter aus Tarapacá (v. RAIMONDI).

	Argentina	Union	Hoyada Barrenechea	Las Lagunas			
Natriumnitrat	60,916	46,435	45,962	60,180	71,667	68,323	23,350
Natriumchlorid	22,986	33,816	35,593	16,721	2,195	24,456	38,718
Kaliumchlorid	2,135	2,982	0,610	11,680	22,117	0,150	22,849
Magnesiumchlorid	—	0,696	—	—	0,555	—	0,018 Am Cl
Lithiumchlorid	—	Sp.	—	0,015	—	—	0,024
Natriumsulfat	0,594	—	0,917	3,600	—	—	0,655
Magnesiumsulfat	1,404	0,793	2,914	2,374	0,378	4,980	14,012
Calciumsulfat	1,224	1,904	1,360	0,778	1,088	Sp.	0,240
Natriumjodat	0,164	0,014	0,049	0,237	Sp.	0,085	—
Erd. Bestandteile	6,800	0,270	8,230	1,860	0,500	0,200	0,128
Wasser	3,400	4,120	4,210	2,550	1,500	1,800	0,006 Fe SO ₄

Die vorletzte Analyse ist bemerkenswert wegen ihrer verschwindenden Gipsgehaltes, sie rührt von stalaktitischem Material her; die letzte zeigt einen Salmiakgehalt und sehr geringe Anteile von erdigen Substanzen, deren Zusammensetzung auf S. 13 näher angegeben ist.

Gleich am südlichen Ufer des Flusses Loa liegen an der Küste Natronsalpeterfelder bei Toco, deren Untersuchung aber noch nicht publiciert ist, obschon sie schon seit Beginn 1878 ausgebeutet werden. Etwa eine deutsche Meile östlich von Hafen Antofagasta (23° 37' S. Br.) befindet sich die Salzmulde Carmen (Salar del Carmen), geschieden vom Meere durch einen Strang der Küstencordillere, der zwischen Antofagasta und dem Salzbassin eine Passhöhe von nur 560 m hat.

Die Mulde ist elliptisch und in der Richtung NS. 4—5 km lang und an 2—3 breit. Die Böschungen der nahe bei der Mulde flach einfallenden Hügel enthalten ausser starken Lagen granitischen Detritus und Sand an einigen Stellen Schichten porösen Gipses, an anderen kleine Knollen von unreinem Kalkborat, oder Glaubersalz, das hie und da in wirklichen erdigen geschichteten Glauberit übergeht. Ebenso findet sich aber auch an mehreren Punkten ungefähr 0,1 m unter der Oberfläche eine Salpeterlage, deren Stärke bis zu 0,5 m reicht.

Abgesehen von diesem Auftreten des Caliche an den höheren Randpartien findet sich derselbe in grösserer Menge im Hauptsalzlager

der Mulde selbst. Die Oberfläche des letzteren, obschon im Ganzen vollständig horizontal, ist sehr rauh und präsentiert Schollenformen ähnlich denen eines frisch umgebrochenen Ackerfeldes. Ungefähr einige Centimeter unter ihr liegt eine dünne Schicht plastischen eisenschüssigen Thons und hierauf folgt 0,20—0,24 m Caliche.

Dessen mittlere Zusammensetzung ist

Natriumnitrat	35
Natriumchlorid	25
Natriumsulfat	2
Calciumsulfat	2
Thon	30
Wasser	5

mit geringen Mengen von Natriumjodat.

Das Nitrat des Etablissements Caliche de la Pampa weist auch 0,4 % Chlorkalium auf.

Das Liegende (cova) des Caliche ist ein Thon, der mit Salz und Gips imprägniert und sehr wasserreich ist. In diesen sind die beiden leichtestlöslichen Salze der Mutterlaugen, Chlormagnesium und Chlorcalcium zum grossen Teil eingesickert, und entspricht dieses ihr Verhalten der bekannten Beobachtung, dass bei einem lockern Haufwerk verschiedener Salze sich die leichtestlöslichen immer nach der Tiefe ziehen. Im Natronsalpeter selbst ist Chlormagnesium zwar vorhanden, aber nicht in bedeutenden Mengen. Der ausgeführte Rohsalpeter enthält (n. WAGNER) 94,03 Natriumnitrat, 0,31 Natriumnitrat, 1,52 Chlornatrium, 0,64 Chlorkalium, 0,92 Natriumsulfat, 0,29 Natriumjodat, 0,96 Chlormagnesium, 1,96 Wasser und Spuren von Borsäure nebst kleinen Mengen Humussäure. In den Mutterlaugen der Siedereien bleibt mehr Chlormagnesium zurück, jedoch sind die Mengen dieser beiden sehr zerfliesslichen Salze Magnesium- und Calciumchlorid im Verhältnis immerhin gering. Die am Ort des Vorkommens bei der ersten Reinigung des Natronsalpeters durch Umkrystallisieren erhaltene Mutterlauge enthält nach E. REICHARD¹

Chlormagnesium	1,12
Magnesiumsulfat	2,21
Natriumjodat	0,44
Natriumchlorid	8,59
Natriumnitrat	23,30
Wasser	{ 57,41 bei 100° entweichend { 6,93 bei Glühhitze entweichend.

¹ Arch. Pharm. (2) XCVI, 134.

In dem Wasser der gegrabenen Brunnen finden sich die beiden genannten Salze jedoch partiell wieder. So enthält z. B. das Wasser des Etablissements „Caliche de la Pampa“ im Brunnen

Nr. 1 Magnesiumchlorid 2,488 Teile auf 72,086 Natriumchlorid

„ 2 „ 0,488 „ „ 64,406 „

„ 3 „ 2,133 } „ „ 59,700 „
 Calciumchlorid 2,650 }

„ 4 Magnesiumchlorid 3,620 { „ „ 107,000 „
 Calciumchlorid 70,740 }

„ 5 Calciumchlorid 2,488 „ „ 10,604 „

in einem Liter Wasser.

Auch in den Kesselspeisewässern, die für die Salpetersiedereien in Tarapacá aus Brunnen von 20—120 m Tiefe genommen werden, kommt Chlormagnesium vor, wie folgende Analysen, bei denen die in geringer Menge auftretenden Bestandteile weggelassen sind, beweisen.

	gr.	gr.
Abdampfungsrückstand im Liter	5,8400	5,8600
Calciumsulfat	2,0606	1,9244
Natriumsulfat	1,4731	1,5620
Magnesiumchlorid	0,2256	0,2269
Natriumchlorid	2,0511	2,1332

Sie gehören daher, wie LANGBEIN¹ sehr richtig sagt, wohl zu den schlechtesten, die zu gleichem Zwecke gebraucht werden; denn ihr Chlormagnesiumgehalt corrodirt alles metallische der Apparate. Weiterhin schlagen Magnesium- (und Calcium-) Chloridsalze den natürlichen Weg nach der Küste ein.

So ergibt z. B. eine Mineralquelle am Strande des Hafens von Mejillones mit einer Temperatur von 37° C. in 10,000 Teilen

Thermen von Mejillones	{	Chlornatrium	365,31	gegen	277,0	{	von Meji- llones Ocean- wasser
		Chlormagnesium	27,80	„	36,0		
		Calciumsulfat	26,60	„	14,0		
		Magnesiumsulfat	21,16	„	23,0		
		Calciumcarbonat	4,02	„	0,3		
		Magnesiumcarbonat	6,61	„	—		
		Eisen, Kieselsäure, Thon	0,25	„	—		

Man sieht aus dieser Analyse, dass es nicht Seewasser ist, das vom Meere her durch Infiltration die Quelle speist, weil das Verhältnis der Seesalze ein verschiedenes ist und die beiden Carbonate

¹ DINGLER, Polytechnisches Journal, Juni 1879, 454.

sich in zu grosser Menge finden. Es ist offenbar Sickerwasser vom Lande her, dem die Mutterlaugen- (Magnesium-) Salze schon vorangezogen, bzw. in Carbonate umgesetzt worden sind.

Nach der Tiefe hin finden sich im Salar del Carmen 8 und mehr Meter reinen plastischen Thons, dann Conglomerate mit Gips-cement, die das Wasser nur schwer durchlassen, und hierauf Thon-schichten, die sich von den obern nur durch vollständige Trockenheit unterscheiden.

Der Caliche der Lager weiter östlich in dieser Mulde entspricht in seiner Zusammensetzung dem vorigen, nur ist er etwas schwerer löslich, und an die Stelle des Thons tritt Sand und granitischer De-tritus, oft durch Nitrat verkittet.

Hier liegt bei granitischer Umgebung also kein Calciumcarbonat vor, das durch Umsatz mit Chlornatrium (wie irrtümlicher Weise von manchen angenommen) die nötige alkalische Base für die Salpeter-säure geboten haben könnte; die Bodenfeuchtigkeit wird von Chlor-calcium und Chlormagnesium gehalten, die Nitratbildung begann an den hohen Rändern, da wo Natriumcarbonat sich vorfand, und näherte sich dem Centrum nach Massgabe des Überganges der Salzlösungen in feuchte poröse Massen, von denen das Natriumcarbonat der aus Guano sich bildenden Salpetersäure am zugänglichsten war.

Mutterlaugensalze bzw. deren Derivate lieferten das Material für diese Basis, und das Vorkommen der Borate beweist, dass es solche waren und nicht blosse Steinsalz-lösungen.

Dagegen zeigt die Decke von Chlornatrium, dass nach der Caliche-Bildung eine Überschwemmung von einer weitem Salzlösung eintrat. Je nach dem geringern oder höhern Grade der Concentration dieser Lösung wird mehr oder weniger des schon fertig gebildeten Nitrates wieder gelöst worden sein, um sich bei fortschreitender Verdunstung zum zweitenmale niederzuschlagen. In diesem speciellen Falle scheint eine Wiederauflösung in weiten Grenzen jedoch nicht annehmbar, weil die Salzwasser auf ihrem langen Wege von Osten her sich concentrieren mussten, und ausserdem die abgesetzte Schlamm-(Thon-) Schicht die Nitrate abschloss. Die Existenz dieser Schlamm-lage beweist auch, dass der Caliche an Ort und Stelle entstanden ist und nicht eingespült wurde.

Die unverkennbaren Beweise für derartige Überschwemmungen finden sich in der nächsten Umgebung noch heute in Form von alten sog. Flussbetten, deren D'ORBIGNY, DARWIN, PHILIPPI etc. schon

erwähnen. Ein solches mündet von Norden her durch die einzige Öffnung der Mulde del Carmen in dieselbe und wird ganz speciell von PRIETO, einem chilenischen Bergingenieur, als eines von bedeutenden Dimensionen und von einem entlegenen Salzbassin kommend, bezeichnet.

Genanntes Bett, dessen Tiefe an schmalen Stellen in Schluchten an 6 m beträgt, hat wahrscheinlich mindestens drei Fluten als Rinnsalgedient; für Zufuhr von Wassern, die vorwiegend Gips und Steinsalz enthielten, zu Beginn, für Mutterlaugen mit Boraten und Natroncarbonat in der Folge und für Salzlösungen wie die erstern als Schluss.

Auf diese Weise findet auch das Rätsel von RECK (S. 4, Anm.) seine Lösung. Kleine Giessbäche mit starkem Gefälle und periodischen Fluten pflegen überhaupt ärgere Verheerungen anzurichten, als Flüsse. So hat z. B. der Kladeos mit dem Material des Kronoshügels die Ruinen von Olympia bedeckt, und nicht, wie man seither oft anzunehmen geneigt war, der benachbarte Alpheios, in den der Kladeos mündet.¹ In der californischen North Bloomfield Mine hat ein durch hydraulische Goldgewinnung hervorgebrachter, mit Geröllen beladener Strom in 32 Monaten einen Kanal von 1 m Breite und über 15 m Tiefe in festes Schiefergestein geschliffen.²

Die in Atacama vorkommenden Gesteinstücke sind aber fast alle scharfkantig und -eckig, also keine abgerundeten Gerölle, und diese müssen also noch viel energischer während ihres einmaligen Laufes von oben herab auf das unterliegende Terrain gewirkt haben, als runde Kiesel.

PRIETO fährt dann fort: „In nordöstlicher Richtung 16 Meilen weiterhin und etwa 900 m höher liegt eine Salzfläche (Carmen alto) von 3 Meilen Länge und 500 m mittlerer Breite. Ihre sehr gestörte Oberfläche zeigt Rinnsale von Wasserläufen, die sich vereinigen und offenbar das besprochene Flussbett gerissen haben.

Das Salz ist in grossen Schollen aufgerichtet, sehr unrein, thonig, sandig, mit Höhlungen etc. Unter ihm liegen Gerölle, Geschiebe, scharfkantige Gesteinfragmente etc. und dazwischen isolierte ringsum ausgebildete Krystalle von Thenardit, die bis zu 5 cm Querdurchmesser zeigen. (Eine Analyse von solchen liegt nicht vor; der weiter nördlich in Bolivia sich findende Thenardit enthält 0,46 % Kali.)

¹ H. BÜCKING, Monatsb. Berl. Ak. 1881.

² LE CONTE. Am. J. 1880, 179.

Nordöstlich von dieser Salzlagune etwas höher befindet sich die eigentliche Salitrera. Deren Oberfläche ist von kleinern Rinn-salen durchfurcht; Gerölle mit glatter und rauher Oberfläche, Ge-steinsstücke, welche eine Calcination durch Hitze erlitten zu haben scheinen, Gerölle von wirklichem Alabaster (Kalksulfat)¹, Chalcedon-fragmente etc. trifft man da an.

Die oberste Salzlage ist zusammengesetzt aus einem blättrigen oder compacten weissen Gemisch von Gips, Bittersalz, Glaubersalz, und hat etwa 0,4 m Stärke. Dann folgen 0,4—0,5 m sandigen oder gipsigen Salzthones, welcher da, wo kein Caliche unter ihm liegt, viel stärker entwickelt ist.

Der darauf sich findende Caliche ist 0,3—1,7 m mächtig und zuweilen von seinem Hangenden durch eine Horizontal-Ablösung von einigen Centimetern Weite getrennt. Er enthält 68—70 % Niträt, 2—2½ % Sulfate und etwas Jodat, der Rest ist Chlornatrium. Tara-pacait findet sich lichtgelb mitten in feinkörnigem, weissem Salpeter, aber nicht scharf von der umgebenden Masse abgesondert. Das Liegende ist ein nasser, zuweilen schlammiger, sandiger Thon, der auf Geröll- und Breccienschichten ruht.

In südwestlicher Richtung hiervon am Nordostende der Lager von Aguas blancas liegt ein Punkt, Cuevitas (Höhlchen) genannt, und nördlich von diesem befindet sich noch ein Salpeterlager; aber der caliche ist sehr steinsalzhaltig und geht später in derselben Richtung in reines Steinsalz über, das zuweilen 1 m stark den Boden bedeckt.

Hieraus ist sehr leicht ersichtlich, dass jene Alluvionen, wie oben angedeutet, stattgefunden haben; der letzte Satz PRIETO's beweist aber auch, dass sie anfangs Gips und Steinsalz absetzten und dass, bevor der Durchbruch der zweiten Flut nach unten erfolgte, ein grosser Teil von Gips in dem obern Bassin über dem Natronsalpeter niedergeschlagen wurde und natürlich, da wo kein caliche vorhanden war, in grösserer Mächtigkeit. So gelangten die Gewässer mit weniger Gips aber reichlichem Schlamm im Salar del Carmen an.

Je nach den Umständen übernimmt also der Gips oder der mit-gebrachte Thonschlamm die Rolle der vor Lösung schützenden Decke

¹ Im Original steht „carbonato de cal, que es un verdadero alabastro“ also wohl Schreibfehler, indem carbonato statt sulfato gesetzt wurde. Sollte es vielleicht Anhydrit gewesen sein?

des in feuchter Luft zerfliesslichen Natronsalpeters.¹ Auch hier im Salar del Carmen fehlt Kalkcarbonat; und die Ablösung des Nitrates von seinem Hangenden weist entschieden auf die Bildung am selben Platze hin.

Durch Zutritt von Wassern, die viel Chlormagnesium oder Chlorcalcium enthalten, wird bekanntlich ein Niederschlag des Natriumnitrates bewirkt; dasselbe ist in gesättigten Laugen jener Chlorure nämlich total unlöslich; während eine gesättigte Lösung von Kochsalz und Natronsalpeter auf 100 Teile Wasser 78,11 Teile Salz, und zwar 52,89 Natronsalpeter mit 25,22 Kochsalz, enthält.

An seine Beschreibung knüpft nun PRIETO eine Bemerkung über Guano, die zu charakteristisch ist, um nicht gleich hier Erwähnung zu finden. Er sagt:

„Sehr bemerkenswert ist das Vorkommen von Guano auf der Oberfläche dieser Salzlager und des Terrains, wo dieses Sandschichten zeigt. Der Guano ist stickstoffreich, von guter Qualität, staubfein und bedeckt in einigen Centimetern Höhe den Boden; aber nicht gleichmässig, sondern zerstreut in unregelmässiger Weise. Federfragmente, wie Insektenflügel finden sich in den an Salzkrusten des Bodens angeklebten Guanoteilen.² Ja, in 0,6 m Tiefe findet sich bei Cuevitas eine Guanoschicht, die von Salz und Thon bedeckt ist“.

Nach der Karte von A. PISSIS, die dessen offiziellen Bericht über Atacama 1877 beigegeben ist, liegt Cuevitas 961 m hoch 1 Meile südlich des 24.° S. Br., am Nordrande des grossen Salar's von Aguas blancas, und dieser ist auf seiner West-, Süd- und Ostseite von Salitreras umgeben. Der chilenische Mineningenieur J. R. MARTINEZ,

¹ 100 Teile Wasser lösen nach MAUMENÉ von Natriumnitrat bei

0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
70,94	78,57	87,97	98,26	109,01	120	131,11

70°	80°	90°	100°	110°	119,4°
142,31	153,72	165,55	178,18	194,26	213,43.

DITTE dagegen fand folgende Zahlen:

0°	2°	4°	8°	10°	13°	15°
66,69	70,97	71,04	75,65	76,31	79,00	80,60
18°	21°	26°	29°	36°	51°	68°
83,62	85,73	90,33	92,93	99,39	113,63	125,07.

² In einem Stück erdigen Guanos von Aguas blancas in der Marburger Universitätssammlung finden sich rote und schwarze Flügeldecken von Coleopteren nebst deutlichen Resten von Vogelfedern.

welcher gleichzeitig mit Pissis ausgesandt wurde, berichtet hierüber noch, dass sich die Salpeterschichten dieser Salitreras auch noch unterhalb der immensen Salzmassen des Salar's verfolgen lassen, dass ihre Mächtigkeit aber da eine geringere, 0,05—0,06 m, sei.

Dieser Umstand ist ein deutlicher Beweis für die Ansicht, dass, nachdem die Nitratabbildung beendet war, auch hier eine concentrirte Salzlösung ihren Weg von oben herab fand und die tiefern Stellen, die die schwächsten Salpeterschichten enthielten, überflutete und mit Salz anfüllte.

Zwischen den Calichelagern erstrecken sich ausgedehnte Ablagerungen von Gips in feinkörnigen Aggregaten, welche als „süßes Caliche“ (caliche dulce) bezeichnet werden; sie enthalten

Calciumsulfat	77,482
Calciumcarbonat	0,948
Natriumchlorid	0,151
Wasser	20,488
Aufschliessungsrückstand	0,754
Magnesiumsulfat {	Spuren
Natriumnitrat {	

nach LANGBEIN in Dingler Polyt. Journ. 1879, 453 ff, woselbst auch weitere Analysen und Notizen über Lagerungsverhältnisse, alte sog. Flussbette u. s. f. verzeichnet sind.

Thenardit findet sich in schönen Krystallgruppierungen und mit bisher nicht beobachteten Zwillingsbildungen als schwache Schichten inmitten einer Calichelage. Nach BÄRWALD¹ enthält derselbe

Natron	41,91
Schwefelsäure	54,34
Kalk	2,66
Wasser	0,93

Die Annahme, dass der Kalk als Glauberit vorhanden sei in dieser Zusammensetzung, bei der von Bestimmungsfehlern keine Rede sein kann, bringt keine befriedigenden Resultate. Es wäre nicht unmöglich, dass hier eine Verbindung $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{HO})_2$ in der Combination vorläge.

Bei Cuevitas und am Fusse des Cerro negro de Moreno trifft man in einer Salzmulde auch auf Glauberit in schönen Krystallen von 1 cm Länge und folgender Zusammensetzung:

¹ Zeitschr. f. Krystall. VI, 1.

Natron	22,865
Kalk	17,200
Schwefelsäure	55,030
Chlornatrium	1,400
Thon	2,330
Glühverlust	0,130

Zwischen den 23 und 27° unterscheidet man in Atacama leicht vier Hauptbassins, die durch die niederen Gebirgszüge zwischen den Anden und der Küstencordillere gebildet werden und in denen man noch alte Strombette und -Läufe erkennen kann.

Die Hochebenen dieser Bassins steigen stetig von Westen nach Osten an, so dass sie 13 Meilen landeinwärts schon die absolute Höhe der Küstencordillere erreichen. Das nördliche Bassin enthält die oben erwähnten Salz- und Calichelager von Aguas blancas, 12 Meilen von der Küste am Ostabhange der Küstencordillere, und die Salzbetten von Punta Negra, 19 Meilen von der Küste am Westabhange der Anden, auf deren erster Hauptkette 11 Meilen weiter östlich der Vulkan Lullaillaco aufragt.

Die Salpeterdepots liegen in der Centralpartie der Wüste auf den Hochebenen, welche in die Hauptbassins münden, oder in ringsum eingeschlossenen Mulden in einer gewissen Entfernung von den alten Strombetten; der grösste Reichtum findet sich nicht etwa im Innern der Mulden, sondern am Rande; dort ist das Nitrat häufiger, reicher und reiner, als in der Mitte. Calcium-, Natrium- und Magnesiumsulfat mit mehr oder weniger erdigen Teilen begleiten auch hier Salz und Salpeter. Unter einer Bodenschicht von 0,1—0,6 m ist die sog. costra, aus Gips und Gesteinfragmenten gebildet, 0,2—0,4 m stark und darauf folgt das Nitrat, 0,1—2,0 m mächtig. Hierunter folgt zuweilen eine Schicht, wie die costra, zuweilen aber fehlt diese auch, und man trifft gleich auf den Felsengrund, den die benachbarten Gesteine bilden. In diesem Falle ist der caliche viel reiner, als wenn er auf gipshaltigen Schichten ruht.

Das zweite grosse Bassin liegt dem Hafen Taltal gegenüber und birgt die Salitreras von Cachiyuyal und Cachinal.

Das Lager von Cachiyuyal ist südöstlich an einer grösseren Salzmulde gelegen, 50—60 m breit und 8000 m lang. Hier erreicht der Salpeter in der Mittelpartie eine Mächtigkeit von 1 m und nimmt nach der Peripherie hin ab. Sein Gehalt an Nitrat geht nicht über 25% hinaus.

Zwei weitere kleine salitreras, Baron und Gonzales, liegen nordöstlich hiervon und auf Porphyrboden. Ihr caliche ist reicher und reiner, als der des vorigen. Seine Mächtigkeit wird bis zu 3 m angegeben.

Diese letztern Salitreras unterscheiden sich von den übrigen durch das Fehlen von bedeutenden Salzmassen und Gips in ihrer Nähe und haben mit dem Lager von Cachiuyal das gemein, dass ihr Reichtum im Grunde grösser als an den höhern Randpartien ist. Die Erklärung dieses Ausnahmeumstandes findet sich leicht in den lokalen Feuchtigkeitsverhältnissen und ist näher erläutert am Ende der Erwähnung der Hypothese Pissis.

Von Cachiuyal erstrecken sich die Lager bis nach Cachinal de la Sierra. Sie nehmen die Thalgründe und Abhänge einer Reihe von Depressionen ein, die terrassenartig nach Osten hin zu höhern Niveaux ansteigen (Cachiuyal liegt 1371 m hoch; Cachinal de la Sierra 2270 m).

Die drei Depots von Cachinal sind bei weitem bedeutender. Stellenweise erscheinen zwei bis drei Schichten als Hangendes, das zuweilen gangartig in die Klüfte des darunter liegenden caliche eindringt. Spalten und Absonderungsflächen des letztern, der meist rötlich gefleckt ist, enthalten hie und da sehr reines, krystallinisches Nitrat von weisser Farbe; thoniges Liegendes stellt sich zuweilen ein.

Thenardit und Glauberit gesellen sich den andern Salzen nicht selten zu.

Die Mächtigkeit des Nitrates erreicht an einzelnen Stellen 2,6 m. Bei diesen sind die Ränder am reichsten. Der Untergrund wechselt, teils ist er gipsig, teils porphyrisch.

Wahrscheinlich dehnen sich die Lager bis an den Fuss der Anden aus; wenn auch nicht mit gleichem Reichtum, wie denn schon an mehreren Stellen, die bis zum Liegenden aufgeschlossen wurden, reines Natriumsulfat statt Nitrates angehauen worden ist. Sulfate von Magnesium und Natrium mit Gips prädominieren überhaupt östlich von Carrizalillo und zwischen Cachinal und Aguas blancas; zuweilen erreichen sie eine Mächtigkeit von 30 m. Aber auch Natriumcarbonat findet sich in bemerklichen Quantitäten in diesen Lagern, wie J. R. MARTINEZ hervorhebt.

Tarapacaït kommt in 2—3 mm starken Kügelchen mitten im weissen Caliche vor.

Am Nordwestende der Salitreras von Cachinal, am Abhänge des Hügels Reventon (Paposo gegenüber) kommt auch Nitroglauber-

salz (Nitroglauberit, Natriumsulfonitrat) vor. Es ist durchaus homogen, wasserhell bis weiss, durchscheinend, lang- und grobfaserig, Fasern bis zu 0,80 m lang; leicht in Wasser löslich, zerfällt aber in seine beiden Hauptbestandteile, wenn nicht von vornherein eine hinreichende Wassermenge zu seiner Lösung verwandt wird. Der Körper zieht kein Wasser an der Luft an. Analysen stimmen fast genau mit der Formel 4Na SO_4 , $6 \text{Na NO}_3 + 5 \text{aq}$. Diese verlangt 33,66 Natriumsulfat, 60,41 Natriumnitrat und 5,93 Wasser gegen gefundene 33,90 Natriumsulfat, 60,35 Natriumnitrat und 5,75 Wasser.¹

Es kommen jedoch auch anscheinend durchaus gleichartige Doppelsalze mit verschiedener Proportion derselben beiden Bestandteile vor.

Ueberhaupt finden sich in der Atacama-Region Gemische sowohl von Salzen als auch von Erzen, die nicht nur auf den ersten Blick, sondern auch bei eingehendster Betrachtung sich als durchaus homogen erweisen, so dass es namentlich bei Erzen oft recht complicierter chemischer Reihen-Analysen bedarf, um ihre wahre Natur zu erkennen, wie RAIMONDI treffend hervorhebt.

Landeinwärts von Cobija z. B. treten grosse 0,5—0,6 m mächtige Lager eines Salzes auf, das bei äusserlich durchaus vollkommener Homogenität besteht aus:

Natrium-	}	Sulfat	40,15
Calcium-			5,70
Aluminium-			7,55
Natrium-	}	Chlorid	28,75
Kalium-			0,40
Magnesium-			2,55

mit 13,05 Krystallwasser, 1,35 hygroskopischem Wasser und nur 0,15 % Unlöslichem.

Von Guanolagern in diesem Bassin sind nach PISSIS mehrere bekannt; zwei bei Cachinal in den grossen Salpeterfeldern selbst und eins zwischen zwei kleinern. Sie dehnen sich über Kilometerlänge aus und liegen auf oder so nahe unter der Oberfläche, dass oft der Hufschlag eines Pferdes sie sichtbar macht. Die Guanostriche sind aber nicht zusammenhängend, sondern werden von braunen Massen gebildet, die 4—6 m lang oder breit und unregelmässig über den Boden zerstreut sind. Ihre directe Entfernung von

¹ SCHWARZENBERG in An. Univ. Santiago 1871 p. 181 und A. VILLANUEVA ib. 1878 p. 412.

der Küste beträgt 8—11 Meilen, und trifft man sie nur bei den Salpeterfeldern an.

DOMEYKO's Analyse desselben Guano's gibt 4,3 % Phosphorsäure an, darunter kaum 1,6 % als Kalkphosphat (s. Guano-Analysen). Im dritten Bassin ist zuerst das Auftreten von Gipsbänken bei Carrizalillo, 8 M. östlich von dem Hafen Chañaral, zu constatieren.

Weiter östlich von Carrizalillo in etwa 10—11 Meilen direkter Entfernung liegt in vulkanischer Umgebung die Laguna de la Ola oder Pedernal, südwestlich vom Cerro de Doña Ines. Sie gehört zu der Seenreihe, deren Fortsetzung nördlich die Salares von Imilac, Punta Negra und Atacama bilden. Nur liegen diese viel tiefer.

Zu der Gruppe der genannten Laguna de la Ola gehören noch die Seen del Volcano, Linderos, Laguna brava, de los Infieles, de la Isla etc.

Die Laguna de la Ola muss als eine grosse entwässerte Niederung betrachtet werden, die vom Rio de la Ola, dessen Wasser salzig sind, und der weiter abwärts deshalb Rio salado heisst, durchlaufen wird.

Grosse Massen verschiedener Salze nehmen diese an $6\frac{1}{2}$ Meilen lange Niederung ein und in verschiedenen Intervallen erscheinen reihenförmige Anhäufungen von Boronatrocalcit und Borocalcit, die über die Salze emporragen.

Die Borate finden sich in rundlichen Massen von 0,01—02 m Durchmesser. Von den ähnlichen Gebilden aus Tarapacá unterscheiden sie sich äusserlich durch den Mangel an faseriger Struktur und durch geringern Zusammenhalt; sie sind schaumig, sehr leicht zusammendrückbar und zerreiblich. Auch im Gehalt stellen sich zwar kleine jedoch bedeutsame Differenzen heraus. Das Borat von Tarapacá enthält stets beträchtliche Quantitäten von Sulfaten, während das atacamenische keine Spur davon aufweist; zudem ist des letztern Gehalt an Borsäure im Verhältnis zu den Basen geringer als der des ersteren; dagegen ist die verhärtete Rinde des atacamenischen in ihrer Zusammensetzung variabel und im allgemeinen kochsalzreicher als die des andern.

Der Erklärung dieses Vorkommens mögen einige Nachrichten des chilenischen Mineningenieurs FONSECA, der dasselbe und die folgenden in seinem Bericht genau beschreibt, vorausgehen. Derselbe sagt wörtlich: „Nach meinen persönlichen Erfahrungen in der Cordillere von Atacama, die ich zwischen den Parallelen von Huasco und Chañaral ($28^{\circ}26'$ und $26^{\circ}20'$ S. Br.) in fünf verschiedenen Ge-

genden durchforscht habe, kann ich versichern, dass die Salzformation in diesen Lokalitäten eine Entwicklung besitzt, die nicht ihres Gleichen findet; an vielen Punkten existieren (wie z. B. im Pass von Peñon) Salzlager von mehr als 30 m Mächtigkeit, die mit Flötzgebilden wechsellagern. Im allgemeinen sind die Seen in diesen Cordillereenteilen, wie die von Maricunga, Laguna-Brava und Pedernal wahrhaftige Salzfabriken, in denen das in Solution von den Zuflüssen eingeführte Steinsalz auskrystallisiert und sich ablagert. Bei der dortigen rapiden Verdunstung unter schwachem barometrischem Drucke, bei Trockenheit der Luft und den grossen Bewegungen der Atmosphäre ist das häufige Vorkommen von trockenen Seen, die mit salinischen Substanzen angefüllt sind, daher leicht begreiflich.“

Bei so colossalen Salzbildungen und deren Wiederholungen, die mit solchen Daten bewiesen werden, mussten naturgemäss auch beträchtliche Massen von Mutterlaugen oberhalb der Salzflötze bei deren Hebung stehen bleiben und nachher von grossen Höhen ihren Weg nach der Küste hin nehmen. Die, welche nach der Lagune Pedernal gelangten, nahmen den ganzen Gehalt an Boraten noch in Lösung mit sich und dort wurde er (gleichviel vorerst ob in primärer Verbindung als Boracit oder in secundärer als Kalk- oder Natronborat) niedergeschlagen inmitten der leichtflüssigen Salze, aus denen die Mutterlaugen bestehen. Diese letztern Salze wurden durch spätere Einströmungen von weniger concentrirten Salzwassern wieder gelöst, aber nicht so die Borate, welche nun auf der Oberfläche der schwerer löslichen Bestandteile (z. B. Chlornatrium), die auch von der Abfuhr nach tiefer liegenden Gegenden verschont blieben, erscheinen.

Hier in diesem speciellen Falle haben die Fluten schon bei Beginn ihres Weges zum Ocean einen Halt machen müssen und daher liegen ihre Reste, d. h. die Hauptmasse der Borate, in grösserer Höhe und entfernter von der Küste als weiter nördlich, in Tarapacá. Wohl erst später nach mehreren Etappen erreichten sie die letzte Station vor der Küstencordillere, um dort einen grossen Teil des in ihnen enthaltenen Natriumcarbonates in Natronsalpeter verwandeln zu lassen.

Durch die Wiederauflösung der Absätze der Laguna Pedernal erklärt sich auch der geringere Gehalt an Borsäure und Sulfaten des Boronatrocalcits. Die Boratmandeln oder -Kugeln wurden ausgelaugt; die borsauen Salze geben bekanntlich ja schon an Wasser leicht einen Teil ihrer Säure ab; ebenso wurde das leichtlösliche

Natrium- oder Magnesium-Sulfat, Magnesiumchlorid etc. entführt und erst später durch Chlornatrium in den äussern Teilen d. h. der Rinde ersetzt.

Ueber das Kalkborat, das in geringer Tiefe auch an den Rändern der Salzmulde von (der Stadt) Atacama gefunden worden ist¹, liegen keine nähern Nachrichten vor. Boratablagerungen, wie die erwähnten, geben, nachdem sie überdeckt und heissen Wasserdämpfen zugänglich gemacht werden, Ursache zu Fumarolenbildung, wie solche z. B. in den Bädern von Toro bei Coquimbo stattfindet.

Nicht ganz 12 Meilen südlich der Laguna Pedernal und nordöstlich von Copiapó liegt in 3800 m Höhe und rein vulkanischer Umgebung die von Maricunga, die man als dem vierten Bassin angehörig betrachten kann.

Sie bildet am Westabhange der Anden den tiefsten Teil eines Kessels, der durch die Vulkane Cerro del Toro, de Azufre und Tres Cruces begrenzt wird.

Der Cerro del Toro hat die Form eines in vier Teile zerrissenen alten Kraters, und an einer seiner der Lagune zugewandten Flanken kommen auf dreien der zur Tiefe herablaufenden Rücken Salpeterabsätze vor, welche mit Gipsschichten wechsellagern. Viele der aus vulkanischen Gesteinen bestehenden Rücken zeigen an ihrer Basis nahe bei der Lagune ein horizontales Salzflötz, in dem das Steinsalz ohne irgend eine Andeutung von Krystallisation auftritt. Es ist total wasserfrei, kompakt und verknistert nicht im Feuer, so dass man es seiner Qualität nach für unbrauchbar gehalten hat.

Der caliche ist ohne Zweifel neptunischer Bildung und befindet sich auf primärer Lagerstätte; die obern und untern Partien der einzelnen Lagen sind durch Thon und eisenschüssigen Sand verunreinigt; die mittlern besitzen aber eine grosse Reinheit, so dass einzelne Stücke mehr als 99 % Nitrat enthalten. Im ganzen wechselt der Gehalt von 20 % bis aufwärts zu dem erwähnten. Stellenweise haben die Absätze ihre horizontale Position beibehalten, an andern Punkten fallen sie unter 15—20° gegen die Lagune ein.

Die Stärke der zwischenliegenden Gipsschichten variiert zwischen 0,5 und 3,0 m. Der Gips selbst ist faserig, und stehen die Fasern rechtwinklig auf den grossen Begränzungsflächen der Schichten.

Westlich vom Cerro del Toro, durch eine Schlucht von ihm getrennt, sind neuerdings Salpeterabsätze gleicher Qualität wie die vorigen

¹ PHILIPPI, Atacama, 120 nach Mitth. v. Tschudi.

angetroffen worden; es ist aber noch unbekannt, ob auch sie mit Gipsflötzen wechsellagern.

Das ganze Terrain der vulkanischen caliche enthaltenden Rücken ist von Sprüngen, die von Norden nach Süden laufen, durchschnitten und derartig verworfen, dass man die Zerreiſſung der Gips- und Salpeterlagen deutlich erkennen kann, ja man sieht hie und da Partien dieser letzten, deren ursprüngliche Position unterhalb des Niveaus der Lagune gewesen ist und welche auf die jetzige grosse Höhe durch die auch die Klüfte verursacht habende Hebung des Terrains gelangt sind.

Auf den Flanken des cerro del Toro befinden sich erloschene Solfataren und Alaunablagerungen. Die anstehenden Felsen sind Trachyte und Laven, von Bimstein und wenig Asche begleitet.

Die Lagune Maricunga ist an 7 Meilen lang und $1\frac{1}{2}$ —2 breit. Ihre Westufer, d. h. die am Fusse des Vulkanes, fallen mit einer Neigung von 15 — 20° ein, während die östlichen nur 6 — 8° Inklination haben.

In der Lagune selbst, die nur gegen Frühlingsanfang an tiefern Randstellen etwas Wasser enthält, wechsellagern Boratschichten mit Steinsalz und Salzthon. Die oberste der ersten ist die reichste und bedeckt die Centralpartie der Niederung.

Massiges Borat herrscht in dieser vor; zwei bis vier Schichten desselben, zusammen etwa 1,25 m stark, liegen zwischen Salz und Salzthon bis zu der bis jetzt aufgeschlossenen Tiefe von 2 m.

Ausserdem finden sich rundliche Boratmassen von 0,01—0,20 m Durchmesser, bis zu 3 kg schwer, u. a. in einer 0,25 m mächtigen Lage, die sich meilenweit unter einer unreinen Steinsalzdecke hinzieht.

Auch mehl- oder staubartige Aggregate von Boraten finden sich hie und da mit den beiden vorhergehenden Arten. „Obwohl (sagt FONSECA) diese Substanz ausschliesslich vulkanischen Ursprungs ist und demnach nur von einem oder allen der drei Vulkane herrühren kann, besteht doch keine auffindbare Verbindung zwischen ihrem Ausgangspunkte und ihrer jetzigen Lagerstätte.“

Die den Boraten beigemengten Substanzen sind aber Chlornatrium und Gips, fein eingesprengt oder unregelmässige Ausscheidungen bildend; auch etwas kohlensaurer Kalk pflegt beigemischt zu sein (DOMEYKO), wogegen der von Tarapacá nach THIERCELIN¹ keinen solchen enthält.

¹ Chem. Ber. 5, 434.

Die vulkanische Herkunft ist hiernach also zweifelhaft bezw. unhaltbar.

Die Analyse des Mittels einer grössern Partie des lufttrockenen Bormineralis von Maricunga ergab:

		Von der benachbarten Laguna-Brava:	
Borsäure	28,70		40,17
Kalk	10,03		13,20
Natron	5,89		7,58
Calciumsulfat	21,40		1,07
Chlornatrium	4,39		2,53
Wasser	28,54		34,13
Unlösliches	1,05	Unlös. Thon, Eisen etc.	1,32

Lufttrockenes Borat von der Laguna de la Ola oder Pedernal enthielt:

Borsäure	27,71
Kalk	9,66
Natron	5,01
Calciumsulfat	3,43
Chlornatrium	19,11
Wasser	34,50
Unlösliches	0,58

Andere Analysen ergaben noch niedrigere Zahlen für Borsäure und ist daraus ersichtlich, dass auch hier Auslaugungen stattgefunden haben; ja, dass solche vielleicht noch in weiterm Umfange eintraten, als in der Laguna de la Ola; denn dort wird als mit den Boraten vorkommend noch ein Gemenge verschiedener Salze (depósito de otras sales) von DOMEYKO¹ angegeben, während hier bei dem See von Maricunga nur Steinsalz und Gips auftreten.

Ob das Lager im See selbst als secundär betrachtet werden muss, ist bei dem Mangel an genauen Plänen, Profilen und Analysen der Begleitmineralien z. B. des Trachytes, Salzthones etc. nicht so leicht endgültig zu entscheiden, weil die Thonschichten ebenso gut von den vulkanischen Gesteinen, als von frühern Sediment-Umgebungen herrühren können.

Hier muss übrigens noch angeführt werden, dass auch in Nevada in den Salzbetten des Columbus-Bergwerksdistrikt sich Boronatrocalcit-Lager derselben Art finden. Das Borat bildet dort 0,05—

¹ An. Univ. Santiago 1874. p. 133.

0,13 m dicke Schichten, die ebenfalls mit Steinsalz wechsellagern, und kommt gleichwohl wie in Chile in rundlichen Massen von 0,07—0,1 m Durchmesser im Salze eingebettet vor.

Absichtlich ist den letzt erwähnten Vorkommen von Natronsalpeter mit dessen Begleitfossilien eine speciellere Beschreibung als den frühern gewidmet worden, weil man geglaubt hat, dass aus der durchaus vulkanischen Umgebung endgültige Schlüsse über die nicht neptunische Bildung des Nitrates gezogen werden müssten.

Der Zusammenhang zwischen den neptunischen Salzgebilden und den vulkanischen Produkten ist aber einzig in dem allerdings sehr bedeutsamen Umstande zu suchen, dass sich sowohl primitive Salzablagerungen nur an Küsten finden können, als auch vulkanische Äusserungen jeder Art erfahrungsgemäss nur in dem Ufergebiet der Oceane auftreten, und somit ein Aneinandergrenzen und ein Sichdecken beider Gebiete an vielen Punkten unausbleiblich ist.

Fasst man die in der letzt besprochenen Region der Atacama-Anden beobachteten Thatsachen zusammen, so ergibt sich einfach, dass eine Nitratbildung mit Gipsniederschlägen, wie sie auch nahe der Küstencordillere am häufigsten angetroffen werden, westlich des Salzsees Maricunga stattgefunden hat.

Diese Ablagerung war ursprünglich horizontal und auch, wie in der Wüste selbst, von Steinsalzabsätzen begleitet.

Möglicherweise begünstigten vulkanische Erscheinungen, vom Cerro de Azufre und Tres Cruces ausgehend, die Bildung von Natriumcarbonat aus den immensen Steinsalzflötzen oder den Mutterlaugensalzen in so ausgiebiger Weise, dass ein Teil der letztern in solches übergeführt wurde; daher der Mangel an Repräsentanten der andern Salze (ausser Gips und Chlornatrium), die mit dem Nitrat anderswo vergesellschaftet auftreten, erklärlich ist, falls weitere Beobachtungen und Studien nicht für ein Fortführen nach der Küste hin sprechen, wie solches bei dem Salzsee Pedernal angenommen werden muss; die Borate als letzter unlöslicher Rest werden von einem andern Punkte der Nachbarschaft durch spätere Fluten in den See gespült worden sein; keinenfalls machten sie einen integrierenden Bestandteil der Nitratfelder aus.

Die beiden erwähnten Kegel werden, wie der des Toro, auch erloschene Solfataren besitzen, welche Kohlensäure lieferten; denn solche finden sich ja fast immer an der Peripherie vulkanischer Erup-tionsgebiete, während die Auswurfsstellen von Schwefel und dessen Verbindungen dem Vulkan-Centrum näher liegen.

Mögen diese Solfataren nun derselben oder einer frühern Periode angehören, wie der Toro, gleichviel, der letztere durchbrach, Salpeterfelder östlich und westlich lassend, die schon abgesetzten Salzlager, veränderte dabei aber, abgesehen von den vergleichsweise geringen Dislokationen, nur die als unkrystallinisch beschriebenen Steinsalzsichten.

Ueberhaupt bestehen ja alle geologischen Bewegungen aus einer Reihe von Oscillationen, die durch Zwischenräume der Ruhe getrennt sind und dabei den Accumulationen von Sedimenten Zeit geben; in einer Folge von Oscillationen, die dasselbe Terrain afficieren, sind die ältern (erstern) fast immer die bedeutendsten.

Ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Vulkanismus und der Bildung des Natronsalpeters geht demnach durchaus nicht aus Vorstehendem hervor. Dagegen ist zu bemerken, dass Calciumcarbonat nur als schwache Beimengung hie und da in den Boraten sich findet und dass wenigstens einige Salpeterschichten chlornatriumfrei sind. Das praeexistierende Natriumcarbonat kann also auch nicht am Platze selbst aus einer Umsetzung dieser beiden Substanzen entstanden sein.

Vorläufige Schlüsse aus den vorausgegangenen Beschreibungen der einzelnen Nitrat- und Borat-Ablagerungen von Atacama.

Gestützt auf das über jene Gegenden soeben mitgeteilte lässt sich nun eine Erklärung der Vorgänge, die die Ablagerung und Umbildung der Salzmassen in jenem Litoral hervorriefen, leicht geben.

Wie im americanischen Continent fast alle geologischen Verhältnisse den Stempel des Gigantischen tragen, so ist dieser Ausdruck auch auf die Steinsalzformationen der grossen Cordillere der Anden anzuwenden.

Schon KARSTEN¹, um nicht weiter (z. B. auf HELMS 1798) zurückzugreifen, sagt:

„Der Reichtum von Steinsalz in den Peruanischen und Bolivischen Anden ist so gross, dass diese Cordilleren darin wohl von keinem Gebirge in der Welt übertroffen werden. Es sind aber nicht

¹ Salinenkunde I, S. 807 ff.

blos die Hochebenen zwischen den beiden Hauptketten der Cordilleren, welche einen ungemeinen Reichtum an Salz erkennen lassen, sondern auch der Westabfall der westlichen Kette nach dem Stillen Meere, sowie der Ostabfall der östlichen Kette sind als steinsalzführend bekannt.“

RAIMONDI bestätigt die ausserordentliche Verbreitung von Salzflötzen und Gipslagern über ganz Perú und FORBES (um keine weitere Autorität anzuführen) berichtet dasselbe von Bolivia. Ausserdem weiss man, dass die Steinsalzlager in Hochbolivia fast ausnahmslos gebogen, aufgerichtet, verworfen, ja zum Teil auf den Kopf gestellt sind. Dieses entspricht auch den RECK'schen Bemerkungen (S. 14), die sich allerdings nur auf einen Teil der Anden beziehen, aber doch bezeichnend genug sind. Deshalb ist es leicht erklärlich, wenn RAIMONDI vom Anhydrit sagt, dass er in Tarapacá nur in einzelnen Stücken vorkomme. Die spröden Anhydritdecken der Salzlager widerstanden weniger den zerreissenden Kräften, als die Salzmassen selbst.¹

Für Chile bis zu den Centralprovinzen gilt hinsichtlich seines Salzreichtums das nämliche.

Der oben S. 40 citierte Ausspruch von FONSECA ist entscheidend für Atacama. Allerdings reichen nun diese Bildungen auch noch weiter nach Süden hin; Gipslager finden sich bei Coquimbo, Anhydritmassen sind u. a. bekannt von der Cordillera del Portillo, auf dem Weg zwischen Mendoza und Santiago, Gipsmassen aus salinischer Formation haben dem Thal eines Nebenflusses vom Cachapoal in der Cordillere den Namen valle del yeso erteilt ($34^{\circ}20'$ S. Br.)², sind auch bei Talca etc. vorhanden. DOMEYKO sagt, dass Anhydrit und Gips sehr häufig in der ganzen Cordillere seien. Salzsteppen oder Salzsümpfe ziehen sich auf der Ostseite der Cordilleren vom Innern Bolivias bis nach Patagonien hin; DARWIN sagt, dass Salzseen in Südamerika vorhanden sind von 23° — 50° S. Br. u. s. w. Für den Zweck der Erklärung der Entstehung des Natronsalpeters bedurfte es jedoch nur der Erwähnung der Existenz von mächtigen Salzlagern, die landeinwärts von Tarapacá und Atacama auf dem Westabhange der Anden vorkommen. Hierbei ist es gleichviel, welchem geologischen System

¹ Als Ganggestein ist der Anhydrit bisher in Perú noch nicht und in Chile nur sehr selten angetroffen worden. In der Mine Julia in Caracoles findet er sich mit Embolit.

² DESSAUER, Cajon del Cipres, Buenos Aires, 1875.

die Flötze angehören. Für das Salzlager von San Bartolo bei Atacama wird das permische Alter angesprochen, wogegen das bei Antofagasta offenbar zu den jüngsten Gebilden gehört.¹

Hebungen der andinischen Salzlager und ihre Folgen.

Waren nun während des Beginns des Aufsteigens der Andenketten Barrenbildungen in ausgedehntestem Massstabe eine natürliche Folge hiervon und die dadurch entstehenden Salzbildungen ebenso verbreitet, als mächtig, so folgt daraus auch, dass bei fortschreitender Hebung jede salinische Ablagerung oder jede Serie von solchen zuerst die Communication mit dem Ocean, aus dem sie entstanden war, verlor, und dass die Barren, welche früher dem Meerwasser den Eintritt in die Salzbusen beschränkt hatten, nach dem Aufsteigen den noch über den Flötzen stehenden, sicherlich nicht unbeträchtlichen Resten von Mutterlaugen als Barrieren dienten, die das unmittelbare Ausfliessen derselben in den Ocean verhinderten.

Weiterhin wurde das ganze Gelände nach und nach in allen seinen Theilen gehoben und mit ihm die Salzlager und die darüber stehenden Mutterlaugenansammlungen.

¹ Ich muss gestehen, dass ich nicht an die Existenz von bedeutenden Steinsalzlagern in ältern Systemen der Anden glaube. Wären solche vorhanden, so müssten die Cordillerevulkane dieselben doch mindestens teilweise verarbeiten und Chlor daraus entwickeln; bekanntlich enthalten die gasförmigen Produkte der andinischen Feuerberge jedoch fast gar kein Chlor. Pissis gibt nur auf Bl. 17 seines Atlases der physischen Geographie von Chile, welches das Innere des noch thätigen Vulkans von Antuco darstellt, „scories chlorurées“ an; Analysen dieser Schlacken fehlen aber noch, soviel mir bekannt. Haben also die aufsteigenden Lavamassen ausschliesslich ganz junge Salzflötze d. h. nahe an der Erdoberfläche getroffen, so muss die Erhebung auch jünger sein, als die im Meeresniveau abgesetzten Steinsalzlager, und die Laven konnten diese nur heben, seitlich aus- und durcheinander werfen etc., sie aber nicht in intensive Schmelzprocesse hineinziehen, sondern nur Kohlensäure auf sie wirken lassen. Sind aber alle die gehobenen Salzlager noch sehr jung, so muss man sich auch entschliessen können, den Anden selbst ein recht jugendliches Alter zuzuerkennen.

Ich habe, gestützt auf die Verhältnisse des Titicaca-Gebietes, in jüngster Zeit die Vermutung ausgesprochen, dass die Erhebung von wenigstens Theilen der südamerikanischen Cordilleren quartär sei, und diese Ansicht findet wohl noch eine Stütze in dem Fehlen des Chlors in den Gasexhalationen jener Vulkane; doch darf dabei nicht unerwähnt bleiben, dass in diesem Falle auch das Ableiten des vulkanischen Schwefels aus marinen Sulfaten unzulässig erscheint.

Hierbei erfolgten in jenen Lagern weniger Brüche, als in den geschichteten Nachbar-Gesteinen, die gleiche Hebungen erfuhren; denn eine Salzmasse als Lokalbildung, erzeugt in tiefem, scharf begrenztem Busen, und umgeben von Gips und Anhydrit, ist in ihren Dimensionen, die denen einer Linse oder eines Blockes entsprechen, weniger lamellar gestaltet als thonige oder kalkige Sedimente, die durch Schlammabsatz von ausgedehnten Meeresbedeckungen herrühren und nachträglich erhärten. Sie kann daher leichter ohne grosse Einbusse ihres Zusammenhanges gehoben werden als die Flötze, in denen sie eingelagert ist, besonders wenn der in den meisten Fällen reichlich vertretene Salzthon noch als Ausfüllmaterial von etwa entstehenden Klüften dient. So ist es sehr begreiflich, dass auch die Mutterlaugenansammlungen auf ein vergleichsweise hohes Niveau gelangten, ehe die zuletzt doch durch wiederholte Beben entstehenden Zerreibungen ihnen einen Ausweg, sei es nach der Tiefe durch Spalten oder nach der Oberfläche über den Rand hinaus, frei machten.

Treffen nun Wasser- und Schlammfluten, die durch das plötzliche Ausströmen einer enormen Masse glühend flüssiger Lava über die einen Vulkan umlagernden mächtigen Eis- und Schneeschichten entstehen, auf tiefer liegende Salzbassins, so werden diese mitgerissen und in die Tiefe geführt. (Der Cotapaxi erzeugte derartige Ströme in ausserordentlicher Menge bei seinem Ausbruch am 26. Juni 1877). RAIMONDI äussert in seinem Werke: *El departamento de Ancachs* S. 300 ff. schon die Ansicht, dass solche Fluten in ihrem Laufe Erzlager transportiert und später umgebildet hätten.

Aber auch ohne unmittelbare Einwirkung solcher Schlammströme können die Ansammlungen von Mutterlaugen zum Herabfliessen kommen; eine einzige Spalte, die sich am frühern Ufer bildet und tief genug geht, setzt sie in Freiheit, ein starker Aschenregen oder hereinbrechende Gesteinsmassen können die gefüllten Becken zum Überlaufen bringen und zugleich die ursprüngliche Stätte der Ansammlung total bedecken und unkenntlich machen.

Zieht man ferner noch in Betracht, dass hierbei viele vorhandene oder sich bildende Höhlungen mit Wasser gefüllt, verschlossen und nachträglich stark erhitzt werden, wodurch jedenfalls die auflösende Kraft der eingeschlossenen Flüssigkeit vermehrt wird, so erklären sich leicht manche lokale Auftreten von schwerer löslichen Substanzen in den secundär gebildeten Salzlagern. Solche sind von den Wandungen der Höhlungen entnommen und beim Bersten derselben thalwärts in die schon abgelagerten Salze gelangt oder haben sich mit

den Laugen gemischt und dann vor oder mit den Salzen niedergeschlagen. (Siehe Note 2 im Anhang).

Häufiger wird der Fall gewesen sein, dass die Mutterlaugen auf jüngere Salzbildungen, die tiefer lagen, stiessen; und waren letztere nicht über einen Gipsniederschlag hinausgelangt, so musste sich Calciumsulfat mit Mutterlaugen wieder in Verbindung setzen.

Etwas derartiges würde im kleinen stattfinden, wenn man den tiefsten Punkt eines heutigen Salzgartens d. i. das letzte Krystallisationsbecken mit Mutterlaugen, soweit heben könnte, dass die Laugen zurück bis in das erste Bassin, in dem sich der Gips abscheidet, fliessen müssten. Wenn nun auch concentrirte Mutterlaugen kein Calciumsulfat halten, sondern es fallen lassen, so finden doch Fälle statt, die ein Wiederaufnehmen desselben zeigen. Die Analyse eines bromhaltigen, sehr concentrirten Sickerwassers auf dem Stassfurter Lager beweist solches. Eine Lauge von nahezu 25 % Chlormagnesium hat dort über $1\frac{1}{2}$ % Calciumsulfat aufgenommen; dasselbe ist aber, wie schon erwähnt, als secundäre Bildung aus der Einwirkung einer Chlorkaliumlösung (aus Tachhydrit) auf Kainit oder Picromerit zu betrachten.

Im Ganzen jedoch dürften die nicht salinischen Beimengungen nicht sehr mannigfaltig sein; sicher ist die häufigste Substanz Kieselsäure, die auf diese Weise in die Salzlösungen gelangt.

Zu den seltenen Nitraten, die noch in jenen Gegenden aufgefunden worden, muss gezählt werden:

Barytsalpeter, zwar nicht aus Tarapacá, aber aus Atacama, wenngleich nur in einem einzigen Stücke mit 4 mm grossen Krystallen bekannt, Krystalle, teilweise mit einem wadähnlichen Überzuge bedeckt.¹ Specieller Fundort unbekannt.

Natriumsulfonitrat (Nitroglaubersalz), $4 \text{ Na SO}_4, 6 \text{ Na NO}_3 + 5 \text{ aq}$, findet sich mit caliche am Nordwestende der Nitratlager von Cachinal in Atacama, scheint aber keine constante Verbindung zu sein. Farbloses, krystallinisches Doppelsalz, das S. 39 beschrieben wurde.

Zu den Mineralsubstanzen, die ihre Existenz der Reaction von specifischen Mutterlaugensalzen auf andere, namentlich metallische Körper verdanken, gehört ausser dem schon angeführten Tarapacait noch der Kröhnckit, eine hellblaue Combination von Natrium- und Kupfersulfat, $(\text{Cu SO}_4, \text{Na}_2 \text{ SO}_4, 2 \text{ H}_2 \text{ O})$. Derselbe kommt in thonigen

¹ Zeitschr. Krystall. 1881, 195.

Gebilden in der Umgegend von Calama, wo viel Glaubersalz lagert, an mehreren Punkten vor.

Weiterhin gehört hierher der Sideronatrit, ein dunkelgelbes Doppelsalz von Natrium- und Eisensulfat ($\text{Fe}_2\text{S}_2\text{O}_9$, Na_2SO_4 , $6\text{H}_2\text{O}$); mit Chlornatrium bei Huantajaya in Tarapacá.

Auch ist noch anzuführen der Huantajayit, eine sich schon beim Benetzen zersetzende Verbindung von Natrium- mit Silberchlorid (20NaCl , AgCl), welche mit andern Silberhaloiden in kalkigem Ganggestein bei demselben Orte sich findet.

Als durchaus constant ist diese Species aber nicht zu betrachten; es kommen auch andere Verhältnisse ihrer Componenten zur Geltung.

Wenn auch hier nicht der Ort ist, um die Wirkungen des Eindringens von Mutterlaugen in dort schon vorhandene Erzlagerstätten näher zu behandeln, so darf deren Erwähnung doch nicht ganz übergangen werden; denn sie stützen wesentlich die Behauptung, dass jene Fluten von oben herab kamen. Meeresbedeckungen, die man dabei zu Hilfe zu nehmen gezwungen war, haben nachweislich z. B. die im Jurasystem des Hochlandes auftretenden Erzgänge seit ihrer Erhebung über das Oceanniveau nicht erlitten. Aber selbst wenn eine solche Bedeckung als die Ursache der in Perú, Bolivia und Chile vorhandenen Transformationen von geschwefelten und oxydierten Erzen in Chlor-, Brom- und Jodmetalle angenommen werden sollte, so spricht sehr entschieden hiergegen das Factum, dass nicht alle Gänge etc. gleichartig afficiert wurden, was doch der Fall sein müsste, wenn sie nachträglich dem Grunde eines Meeresteiles angehört hätten. Nur da, wo Mutterlaugen in metallische Regionen gelangten, finden sich Metallhaloide.

Weiterhin widerlegt sich die Ansicht eines Hinabgehens unter den Meeresspiegel durch den Umstand, dass verhältnismässig sehr viel Brom- und Jodmetalle dort auftreten. Da nun der Bromgehalt des Seewassers kaum den hundertsten Teil des darin enthaltenen Chlors beträgt und Jod dabei nur durch minimale Quantitäten vertreten ist (250 000 Teile Meerwasser enthalten nach SONSTADT nicht mehr als einen Teil Calciumjodat, also 383 858 Teile Meerwasser erst einen einzigen Teil Jod), so ist doch sehr klar, dass nur sehr brom- und jodreiche Lösungen, d. h. Mutterlaugen, jene Umbildungen veranlassen konnten, die übrigens nicht nur in den Erzkörpern der Ost- und Westabhänge der Anden sich angesiedelt haben, sondern auch in den Minen des ganzen grossen americanischen Gebirgszuges

durch Mejico, den Westen der Vereinigten Staaten und Britisch-Columbia, ja vielleicht sogar darüber hinaus, soweit überhaupt Steinsalzbildungen reichen.

Dazu finden sich (wie besonders in Chile wissenschaftlich constatirt), unbedeutende Einzelfälle abgerechnet, die Chloride vorherrschend in den obern, die Bromide in den mittlern und die Jodide in den untern Teufen der Erzgänge; diese Thatsache ergibt sich naturgemäss aus dem Löslichkeitsgrade der Salze, die die Gangerze anfassten. Die Jodide der Alkalien und des Magnesiums sind nämlich zerfliesslicher als die entsprechenden Bromide, und diese wieder leichter löslich als die betreffenden Chloride. Es gelangten also die Jodide in grössere Teufen, bevor sie sich zersetzten, wogegen die beiden andern Haloide schon in den obern Horizonten ihre Rolle beendeten.

Zahlreich sind die Mineralspecies, die auf solche Weise und in Gemeinschaft mit Sauerstoff, als Oxychlorüre etc. entstanden; Silber, Quecksilber, Kupfer, Blei, Wismut lieferten hauptsächlich die Basen; aber sicherlich haben auch viele Oxyde anderer Metalle die Vorstufe der Chlorirung durchlaufen, bevor sie ihre jetzige Form erlangten; Mutterlaugensalze corrodieren in letzter Instanz eben alles metallische, nachgewiesenermassen sogar Gold.

Über Hebungen in diesem Teile Südamericas sich des weitern zu verbreiten, würde bei der allgemeinen Kenntniss dieser Thatsache überflüssig sein, wenn ich nicht die Überzeugung hegte, dass solche noch in jüngeren Zeiten viel bedeutender gewesen sein müssen, als man gewöhnlich glaubt. DARWIN schätzt das in der jetzigen geologischen Periode stattgefundene Aufsteigen der Küste von Chile nach den beobachteten Uferterrassen auf nahezu 400 m bei Valparaiso (5,8 m in 220 Jahren), während nördlich von Arica keine Bewegung aufwärts stattgefunden haben soll.

Die Kraft der Hebung in den chilenischen Anden ist sehr intensiv und noch immer in Thätigkeit. Aber noch grösser muss die Hebekraft in der Gegend und Umgebung des Bergknotens von Porco und Potosí (20° S. Br.) gewesen sein; von hier liegt die Depression des Titicacasees nur 5° nördlich.

Ob da die grossen Massen einstweilen zur Ruhe gelangt und die Erdbeben nur die Oberfläche des Landes erschüttern und aufwühlen, ist schwer zu entscheiden, aber kaum glaublich, wenn auch die Küstenhöhe anscheinend stabil geblieben. Einer der wenigen

Officiere des nordamericanischen Kriegsdampfers Wateree,¹ welche die Katastrophe des Bebens vom 13. August 1868 in Arica überlebten, sagt in seinem Bericht auszugsweise: „Bald nach 5 Uhr sah man in der Entfernung von etwa 10 engl. Meilen südlich von Arica ungeheure Staubwolken aufsteigen. Die Masse geballten Staubes kam immer näher, und von unserm Deck aus beobachtete man, dass die Spitzen der Cordillerenkette wie ein Rohr im Winde hin und her schwankten. Wenige Minuten später sah man von den Bergen näher an Arica ganze Haufen Felsen sich losreissen und die Böschungen hinabrollen. Als das Zucken den Morro erreichte, fing auch dieser an zu wanken, zugleich stürzte die Stadt in Ruinen zusammen. — — Bis dahin spürten die Fahrzeuge im Hafen nicht die mindeste Verpflanzung der Störung des Festen. Wir sandten unsere Wundärzte an's Land, um den Verletzten Beistand zu leisten. — — — In der Staubfinsternis erfasste ein wohl 45' hoher Wasserwall von seewärts kommend unser Schiff. Als ich wieder zur Besinnung kam, lag ich weit oben am Strande mit zerschlagenen Gliedern ausserhalb der Ruinenstätte.“

Man glaubte also von noch ganz ruhiger See aus die ganze Cordillere in Bewegung gesehen zu haben. Nun befinden sich in Tiahuanaco, im Centrum der grossen Depression des Titicacabeckens ausgedehnte Ruinen von Festungswerken, Monumentalbauten, gigantische Monolithen etc. einer alten Stadt als Beweise einer frühern, sehr hohen Civilisation, welche an Grossartigkeit, Kunstfertigkeit und Schönheit alles übertreffen, was in der Art in America überhaupt bisher aufgefunden worden ist.² Von da aus soll die Dynastie der Incas ausgegangen sein. Die Gegend, nahezu 3950 m über dem Meere, ist dürr und kahl, in der nassen Jahreszeit kalt und in der trockenen eisig; kaum liefern Quinoa und die bittere Kartoffel Nahrung für die wenigen, elenden Bewohner. Da ist doch sehr klar, dass in solcher Höhe, in solchem Clima die alten Peruaner gewiss nicht ihre heilige Hauptstadt angelegt haben, und um so weniger, als alles Baumaterial (Granite, rote Sandsteine, neuere Laven etc.) aus grosser Entfernung herbeigeschafft werden musste. Keine an-

¹ Dieses eiserne Fahrzeug wurde von seinen Ankern gerissen und mehrere hundert Meter vom Strande landeinwärts in eine Bodensenkung geworfen. Wertlos lag der Rumpf da über 4 m tief im Sande bis zum 9. Mai 1877, wo der Meereseinbruch eines noch schrecklichern Bebens die ganze Eisenmasse aus ihrer sandigen Umarmung wieder hob und 2½ Kilometer weiter trug.

² Siehe darüber d'ORBIGNY, TSCHUDI und SQUIER u. andere.

dere Erklärung bleibt übrig, als die, dass sich das ganze Gelände (vielleicht verhältnismässig ruhig) aus warmem Tropenniveau erst nach Erbauung und Blüte von Tiahuanaco in jene unwirtliche Höhe gehoben und seine Bewohner zum Verlassen ihrer schönen Heimstätte gezwungen hat.

ALFONS STÜBEL sagt bei der Übersendung einiger Bruchstücke von Sodalith aus der Trümmerstadt: „Nur soviel ist bei der Unkenntnis des Ursprungsortes des Sodaliths gewiss, dass dieses Mineral zu Schmucksteinen verarbeitet wurde, und die vorliegenden Stücke als Werkstattabfälle betrachtet werden müssen.“ Geologisch alt ist dieses Factum also nicht. Auch der Guano auf den Inseln des Litorals ist nicht sehr alt. Hölzerne Götzenbilder fanden in ihm sich auf der Insel Macabí in 16,7 m Tiefe.¹

Ganz im Einklang mit der Überzeugung, die sich beim Studium der Ruinen von Tiahuanaco dem denkenden Forscher aufdrängt, steht die Thatsache, dass die Fauna des Titicaca Repräsentanten von mehreren amphipoden Crustaceen z. B. *Allorchestes*-Species aufweist, welche nur in dem 30—40 Meilen entfernten grossen Ocean leben. Die Concentration des Beckeninhaltes war beim Beginn der Hebung also noch nicht soweit vorgeschritten, dass die Bewohner desselben das offene Meer gesucht oder das Leben eingebüsst hätten; aber nur wenigen der Seetiere war es vergönnt, sich der allmählichen Umwandlung ihrer Heimat in einen Süsswassersee anzubequemen; wohl die meisten gingen verloren.

Der Fall des Titicacasees steht übrigens nicht vereinzelt da. Ein wenn nicht ganz gleicher, doch sehr ähnlicher liegt beim Baikalsee (in Sibirien) vor. Dieser bedeckt bei mehr als 3000 m Tiefe 625 □ Meilen und ist als grösster Gebirgssee der Erde viel bedeutender, als der nur 210 □ Meilen enthaltende Titicaca. Er liegt allerdings nur etwas mehr als 400 m über dem Ocean, muss aber als ausgefülltes Becken aufgestiegen sein und dabei seine Verbindung mit dem Nordmeere nicht ganz allmählich, sondern plötzlich verloren haben. Seine Umgegend bildet noch jetzt das Centrum des innerasiatischen Erschütterungskreises und ist nach PESCHEL (Physik. Erdkunde) noch heute im Steigen begriffen. Auf irgend eine Weise wurde später durch Spaltenbildung oder Überlaufen und folgende Erosion die Communication mit dem Ocean vermittels der jetzt über

¹ Mit beglaubigter Herkunft besitzt das Hamburger Museum für Völkerkunde ein derartiges sehr gut erhaltenes Exemplar von 30 cm Höhe.

700 Meilen langen Flussläufe der Angara, Tunguska und des Jenisei wieder hergestellt und der Salzgehalt seines Wassers durch den Zu- und Abfluss süsser Gewässer dem Meere zugeführt. Hierbei mag sich dann der grösste Teil der marinen Fauna, soweit sie nicht schon zu Grunde gegangen war, ins Nordmeer zurückbegeben haben; nur Seehunde, der *Phoca foetida* von Spitzbergen nahe stehend, soweit bis jetzt ermittelt, blieben. HUMBOLDT¹ sagt darüber: „Seehunde, ganz denen ähnlich, welche in Schaaren das kaspische Meer und den Baikal bewohnen, finden sich (und diese geologische Thatsache ist bisher nicht genug beachtet worden) über 100 geogr. Meilen östlich vom Baikal in dem kleinen Süsswassersee Oron von wenigen Meilen Umfangs. Der See hängt zusammen mit dem Witim, einem Zuflusse der Lena, in der keine Seehunde leben. Die jetzige Isoliertheit dieser Tiere ist eine merkwürdige, auf einen alten und grossen Wasserzusammenhang hindeutende geologische Erscheinung.“ Keinenfalls sind diese Phoken erst später vom Meere her eingewandert; es ging ihnen wie den Crustaceen des Titicacasees; sie wurden abgeschnitten und mussten sich den veränderten Verhältnissen anpassen.

Der von HUMBOLDT vermutete Wasserzusammenhang ist in der letzten Zeit dahin präcisiert worden, dass das innere asiatische Becken mit dem japanischen Meere und der aralokaspischen Niederung in Verbindung stand und alles dieses mit dem Nordpolarmeer communicierte.

Heute noch würde ein Steigen der Gewässer des Kaspisees um 67 m dessen Fluten in den Tobolsk und den Ob herunter dem arctischen Meere zuführen. Im Kaspisee haben sich viele arctische Tiere erhalten.²

Eine analoge, wenn auch weniger stark ausgeprägte Situation scheint beim Tanganyikasee in Centralafrika vorzuliegen.

In demselben findet sich eine lebende Muschel, die mit der *Pyrgulifera humerosa* MEEK³ aus den Laramieschichten Nordamericas für identisch angesehen wird.⁴ Da die Laramiebildungen, die ein Übergangsglied zwischen Kreide und Eocän darstellen, einen entschieden brakischen Niederschlagscharakter zeigen, so ist auch anzunehmen, dass der Tanganyika früher einen Meeresteil mit starken Süsswasserzugängen bildete und später seinen directen Zusammenhang mit der See durch Hebung auf sein jetziges Niveau einbüsste.

¹ Kosmos IV, 456.

² S. darüber auch OCHSENIUS in Zs. geol. Ges. 1886, 766 ff.

³ A. KING, 40th Par. IV, 176.

⁴ C. A. WHITE, Nature Debr. 1881, 101.

Seine Ufergegenden werden allerdings von PESCHEL als gegenwärtig sinkend angegeben; aber dieser Umstand schliesst ein früheres Steigen nicht aus.

Die Faunaresten der drei angeführten Wasserbecken deuten unabweislich auf Hebungen derselben im gefüllten Zustande hin und das ist ja alles, worauf es im vorliegenden Falle ankommt.

Allerdings werden Fälle, wie die eben erwähnten, in denen ein nur mit Oceanwasser gefülltes Bassin, so zu sagen, intact gehoben wird, im ganzen selten sein, während eine Salzmasse mit centraler verhältnismässig kleiner Depression, gefüllt mit einer trägen Flüssigkeit, eher ein solches Aufsteigen aushält, ohne viel von ihrem Zusammenhang zu verlieren.

So könnte z. B. auch heutzutage noch der Titicacasee durch eine Katastrophe zum Auslaufen nach dem Ocean gebracht werden, und man stände dann vor einer Überflutung der Abhänge durch wenig salziges Wasser. Ja mehr noch, würde der vielleicht vorhandene unterirdische Abfluss dieses See's (bezw. des von Aullaga) durch irgend ein Beben verstopft, so würde sich die nach und nach anschwellende Wassermasse anfangs einen Weg über die niedrigste Uferstelle bahnen, diese aber durch Erosion wohl bald so erweitern, dass bedeutende Fluten aus dem See hervorgingen. In Wirklichkeit müsste allerdings zuerst die Depression von Coipaza ausgefüllt werden, dann würde wohl die Pampa de Sal sich zu einem See gestalten und erst nachdem auch die Depression, in der sich der Rio de Lipez verliert, gefüllt bzw. undurchlassend nach der Tiefe gemacht wäre, könnte an einen Durchbruch nach der Pampa del Tamarugal, (etwa auf dem Wege, den das Eisenbahnprojekt RECK verfolgt) gedacht werden. Auch würden diese Fluten, nachdem sie das Salz der übrigen Depressionen gelöst, nicht mehr fern von ihrer Concentration sein, wenn sie an der Küste eintreffen.

Aber es handelt sich hier nicht um Behandlung des Masses von heutigen Wahrscheinlichkeiten für gewisse Eventualitäten, sondern um den Beweis, dass sowie in der Jetztzeit dergleichen Fluten noch eintreten könnten, die Annahme, dass solche früher stattgefunden haben, durchaus keine gewagte, sondern als Factum sogar erwiesen worden ist.

PHILIPPI,¹ PISSIS, PRIETO und andere Forscher beschreiben Rinnsale in Atacama, besonders in deren untern Teilen, mehrfach.

¹ Atacama, S. 111 ff.

Wohl mögen manche starke Regengüsse als Seltenheit dort stattfinden, wie denn z. B. die Eisenbahnen von Coquimbo, Tongoi, Carrizal und Cerro blanco im Jahre 1881 einmal grossen Schaden durch Platzregen erlitten, aber 6 m tiefe Betten, wie sie PRIETO beschreibt, rühren doch wohl nicht von atmosphärischen Niederschlägen, sondern von andern Fluten her.

RAIMONDI führt ebenfalls Überschwemmungen an.¹ PHILIPPI berichtet auch über trockene Schlammströme mit Gipsrinden, sowie fast eine Meile breite stromartige Travertinablagerungen² und solche können doch unmöglich von Regengüssen herrühren, welche sicherlich eher die leichtlöslichen Salze ergreifen, als Gips und Kalk.

Selbst wenn nun aber auch keine so unverkennbaren Beweise vorlägen, so müsste dennoch das Herablaufen der Salzwasser stattgefunden haben, denn ihre Position hoch über dem Meere lässt keine andere Deutung zu. Ihren Weg jedoch können sie ebenso gut unterirdisch genommen haben, wie es noch heutigen Tages viele Gewässer thun, welche von den Westabhängen der Anden kommend, in der Pampa Tamarugal versiegen. Die Laguna von Cachinal wird ebenso durch unterirdisch anlangende Wasser gebildet, die Gips und Steinsalz absetzen (PHILIPPI) und der Rio de Atacama versiegt in der Salzlagune gleichen Namens. Darüber, dass sich mehr Gewässer ihren Weg zum Meere bahnten, als nur die, welche aus vereinzelt Niederschlägen hervorgingen, kann kein Zweifel herrschen; es liegt daher auch auf der Hand, dass die Salzwasser, welche von der Höhe der Anden sich ihren Weg nach unten gebahnt haben, von der verschiedensten Concentration sein konnten, vom einfachen Oceanwasser an bis zu den specifisch schwersten Mutterlaugen. Es liegt auch durchaus nichts gezwungenes in der Annahme, dass vielleicht verschiedene Fluten zu verschiedenen Zeiten denselben Weg ganz oder streckenweise genommen haben oder auf ihren Etappen noch Salze gelöst oder sich mit stagnierenden Wassern vereinigt und vermischt haben.

Alle derartige Vorgänge sind ja sehr leicht begreiflich, von dem Moment an, wo fest steht, dass die Steinsalzflötze existieren und gehoben wurden; alles übrige ergibt sich daraus von selbst. Und Salzflötze finden sich nicht nur im Innern der Cordillere. Bei San Bartolo 3 Meilen nördlich von der Stadt Atacama liegen permische (?) rote

¹ Minéraux du Pérou, p. 285.

² Atacama, S. 50.

Mergel mit Salz, Gips und kupferführenden Sandsteinen, in vulkanisch gehobener Situation.¹

Soweit erörtert, dass die Salzwassermassen von der Cordillere kamen, fragt es sich, wo sie zum Stehen gebracht wurden. Dieses ist, wie schon oben kurz erwähnt wurde, vor der Küstencordillere erfolgt, d. h. nur da, wo eine solche existierte. Nördlich von Arica fand sich kein Gebirgszug, der sie aufhielt. Sie gelangten in den Pacific und hinterliessen nur Spuren ihres Weges. So lagert u. a. massiges Bittersalz bei Hilo und bei Huayrondo, la Molina (Lima); so findet sich in vielen Küstenstrichen Sylvin, der sich namentlich in den Mumienstätten (huacas) aus dem umliegenden Erdreich concentrirt hat und bezeichnender Weise stets von Bischofit begleitet ist.

RAIMONDI² sagt darüber: „Die Erde der „huacas“ enthält fast immer eine bedeutende Quantität von löslichen Salzen, die gewöhnlich 6—7 % übersteigt und deren Herkunft schwer zu erklären ist, falls man nicht eine vorübergehende Meeresbedeckung der peruanischen Küsten annehmen will.

Erstaunlich ist aber dabei die grosse Menge von Kaliumchlorid und -Nitrat, welche sich gar nicht oder nur in sehr geringen Anteilen in den Umgebungen der huacas finden.

Leicht ist die Erklärung der Bildung der Salpetersäure, aber nicht so die Erscheinung des Kaliums. Und diese Erscheinung ist so über die ganze Küste von Perú verbreitet, dass man an vielen Punkten Apparate zum Ausziehen des Salpeters aufgestellt hat, oder noch die Reste von solchen sieht, die man in der ersten Zeit nach der Besitzergreifung des Landes durch die Spanier construierte.“

Aus den folgenden Analysen von Huacas-Erde aus dem Thale von Pacasmayo wird man leicht erkennen, dass man es hier einzig und allein mit Mutterlaugensalzen zu thun hat, die von der Cordillere kamen und auf ihrem Wege nach dem Ocean schwache Reste zurückliessen.

	Moro	Carmen	San José	Rosario	Chino	Mariana	Estacas
Kaliumchlorid . .	1,261	0,037	1,419	1,400	2,904	2,912	0,718
Natriumchlorid . .	3,120	2,080	2,740	1,794	2,274	3,040	1,580
Magnesiumchlorid	0,090	0,186	0,186	0,318	0,229	0,340	0,067
Calciumchlorid . .	0,208	0,371	0,385	—	—	0,438	0,366
Natriumsulfat . .	—	—	—	0,105	0,105	—	—
Calciumsulfat . .	0,156	0,360	0,178	3,378	0,378	0,249	0,232
Kaliumnitrat . .	2,065	3,326	2,592	2,285	1,610	2,301	0,997
Hygrom. Wasser . .	5,000	4,650	4,650	4,250	4,050	4,000	4,850
Unlösliches . . .	88,100	88,990	87,850	89,470	88,450	86,720	91,190

¹ PHILIPPI l. c. 62. ² l. c. p. 269.

Salpetererde von Chilca (Provinz Cañete)	Salpetererde von Asñapuquio (Lima)
Kaliumchlorid 4,11	18,693
Natriumchlorid 16,40	6,900
Magnesiumchlorid 0,63	0,333
Natriumsulfat 2,37	Magnesiumsulfat 0,223
Calciumsulfat 1,75	0,930
Kaliumnitrat 2,63	4,556
Unlösliches und Wasser. 72,11	68,365

Die Zusammensetzung dieser beiden letzten beweist dieselbe Herkunft.

Thenardit, dessen Abstammung ja auch auf Mutterlaugen zurückzuführen ist, lagert bei Arequipa; Hydrophilit findet sich häufig, und dazu kommen die grossen Mengen von Chlornatrium, von denen RAIMONDI sagt: „Abgesehen von den bedeutenden Steinsalzmassen im Innern, sind alle Küstenländer Perú's von Chlornatrium imprägniert. Es existiert keine Region in der Wüste, in der „Sierra“ oder der „Montaña“, in der nicht einige Lager dieser nützlichen Substanz angetroffen werden.“¹

Dessen ungeachtet möchte ich folgende Localitäten hier hervorheben.

Im Innern: im Departement des Amazonenstromes viele Gegenden, darunter die Umgebungen des Flusses Urumarca, und Rio de Sal; bei Llamellin am Marañon liegen auch Kalisalpeter- und Schwefelager; im Departement Loreto die imposanten Salzmassen am Rio Huallaya, die bei Balsapuerto östlich von Moyobamba (5° S. Br.) beginnen und mindestens bis zum Rio Polvora yacu, 8° S. Br., (auch hier mit Schwefel) reichen und bei Tocache und Pilluana benutzt werden; sie sind nach W. REISS von Gipsen und farbigen Thonen überlagert; im Departement Junin die Salzflötze von San Blas bei Andores und der Salzberg (cerro de Sal) in dem Gebirge von Chanchamayo, nahe der Mündung des Paucartambo in den Chanchamayo, einem Nebenfluss des Apurimac, der in den Ucayali fällt; bei Tarma nahe den Quellen des Chanchamayo findet sich auch Salpeter; im Departement Huancavelica liegen die Flötze von Acobambilla; das von Ayacucho bezieht sein Salz aus den Brüchen von Cachi und das von Apurimac aus einer viel weiter östlich gelegenen Mine desselben

¹ Bekanntlich bestehen die peruanischen Anden nicht aus einer Kette, wie in Chile, welche man dort Cordillere oder Anden nennt, sondern aus zwei, ja stellenweise aus drei Zügen, von denen der erste Sierra oder Cordillera heisst, und die darauffolgenden Montañas oder Anden genannt werden.

Namens Cachi; das Departement Cuzco besitzt bei Maras in der Nähe von Urubamba (13° S. Br.) bedeutende Lager; das Departement Puno ist mit Salz versehen bei Salinas, unweit Tiquillaca, und Arequipa bezieht solches von den nahe gelegenen Flötzen von Chihuata.¹

Von der Küstenregion mögen nur genannt werden (von Arica nordwärts gehend) die Vorkommen: Steinsalz mit Gips und Salpeter bei Locumba, die Gegend westlich von Moquegua, wo faseriges, chemisch reines Steinsalz auftritt, Steinsalz mit Bittersalz und Gips bei Huayrondo unweit Tambo, mit Glaubersalz und Gips im District Caraveli, Provinz Camaná, die Steinsalzbrüche von Huacho, nördlich von Callao, am Meere, die einen grossen Theil der Westküste mit Salzsteinen für den Hausgebrauch versorgen, und endlich mögen auch noch die Kali-Salpetervorkommen von Mala, Chilca und Chiclayo genannt werden, die aber nur von höchst untergeordneter Bedeutung sind; sie beweisen nur, dass auch Mutterlaugenreste da, wo eine Berührung zwischen animalischem Detritus, der sich bei Wohnstätten fand, eintrat, eine Rolle spielten. Anhydrit findet sich, wie schon erwähnt, in losen Stücken häufig in der Küstenregion, Gips gehört ebenso wie Steinsalz zu den verbreitetsten Mineralien Perú's; am mächtigsten entwickelt trifft man ihn bei Cuzco und in der Provinz Cangallo.

In den Cordilleren tritt auch Dolomit auf, der ja da nicht fehlen kann, wo Mutterlaugen bzw. Salzbildungen und Kalkgesteine in Verbindung traten (Cuzco, Puno, Tarma in Perú; in den chilenischen Anden oft sulfat- d. h. gipshaltig nach DOMEYKO); Schwefellager, nicht direct vulkanischen Ursprungs, sind gar nicht selten; auch Petroleum kommt vor und noch vieles andere z. T. schon erwähnte, das im Zusammenhange mit Mutterlaugen steht; z. B. Urao bei Chilca (Cañete), in der Umgegend von Pacasmayo und an andern Punkten, wie sich denn dieses Carbonat auch u. a. bei Tapacari, um Cochabamba und in der Provinz Lipez in Bolivia findet.

Man bemerkt zwar eine allgemeine Verbreitung von Salzen oceanischen Ursprungs auch im peruanischen Litoral nördlich von Arica, und natürlicherweise sind einzelne Vertiefungen auch reicher bedacht worden, als abschüssige Ebenen, aber so ausgedehnte Ablagerungen, wie in Tarapacá und Atacama existieren doch nirgends in grosser Nähe der Küste.

¹ Weitere Nachrichten s. POEPPIG, Reisen II, 308 ff., KARSTEN, Salinenkunde I, 810 ff.

Dieser allgemeine Salzgehalt kann unmöglich von einfachen Meeresbedeckungen herrühren, die erst vor geologisch kurzer Zeit stattgefunden haben, denn er durchtränkt alle Formationen und es ist doch undenkbar, dass der ganze südamericanische Continent, nachdem er aus dem Ocean entstieg und sich die älteren und jüngeren Sedimente nach und nach in ihm abgelagert hatten, noch ein- oder verschiedene male wieder vom Meere bedeckt worden sei. Einzelne Küstenstriche, wie z. B. im Süden von Chile, weisen allerdings derartige Oscillationen auf, aber diese sind nicht von so grosser Ausdehnung (weder horizontal noch vertical) gewesen, dass man von ihnen einen so grossen und weit verbreiteten Salzreichtum abzuleiten vermöchte.

Dieser gelangte oben von den Höhen, auf die er mit den Anden aufstieg, nach und nach in die tieferen Regionen und fand nördlich von Arica nur wenige Hindernisse, die sich ihm beim Aufsuchen des Meeres in den Weg stellten; südlich von Arica (d. h. in Tarapacá und Atacama) aber die unübersteigbare Barriere der Küstencordillere. Die auf der Profiltafel verzeichneten Höhen bringen diese Verhältnisse deutlich zur Anschauung.

Analogie zwischen den Mutterlaugensalzlagerstätten in Egeln-Stassfurt etc. und den Nitratsalzlagerstätten in Tarapacá und Atacama.

Vergleicht man nun die Reihe der Begleitsalze des Natronsalpeters mit denen, die in der Egeln-Stassfurter Mulde auftreten, so kommt man zu dem schon oben angedeuteten Resultate, dass man es in Atacama und Tarapacá mit einer sehr vollständigen Reihe von Mutterlaugensalzen zu thun hat, wobei allerdings die einfachern Verbindungen hinsichtlich ihrer noch jetzt vorhandenen Masse und auch in ihren Combinationen unter einander Verschiedenheiten in den beiden Gebieten bemerken lassen.

Nehmen wir bei dieser Vergleichung die Reihenfolge, die von BISCHOF für die Zusammensetzung des Stassfurter Lagers angegeben ist.

Chlornatrium, in beiden Gebieten massigst vertreten. (Bei Chile sogar noch östlich vom Antuco unter 37° S. Br.)

Chlormagnesium. In Egeln-Stassfurt selbständig als Bischofit und in verschiedenen Salzen z. B. Carnallit, Kainit, Tachhydrit, Boracit; in Tarapacá im caliche und anderen salinischen Substanzen,

daher vorwiegend in den Fabrikations-Endlaugen anzutreffen; auch in andern Landstrichen Perú's in Begräbnisstätten der Indianer u. s. w. (S. 58).

Magnesiumsulfat. Mit einem Molekül Wasser als Kieserit, mit sieben als Bittersalz, auch als Bestandteil mehrerer Mutterlaugensalze, so u. a. Astrakanit, Kainit, Polyhalit, Krugit, Picromerit etc. in der Egelu-Stassfurter Mulde; weit verbreitet in Tarapacá und Atacama, massig bei Pica; ebensowohl in andern peruanischen Provinzen, z. B. Tambo in der Provinz Arequipa. Salpeteranalysen von RAIMONDI geben bis 14% an. In mehreren Analysen als Natriumsulfat und ein Chlorid berechnet. (S. darüber die Note bei Chlorkalium.)

Calciumsulfat, Anhydrit und Gips. Geht in genannter Mulde bis in die Kieseritregion, die zunächst unter der obersten (Carnallit-)Region liegt. In den Salzgebieten der südamerikanischen Westküste fast überall in mannigfaltigster Form (Anhydrit in Massen in verschiedenen Localitäten der Anden, ebenso Gips, wie DOMEYKO sagt), aber nicht constant vergesellschaftet mit dem Natriumnitrat.

Chlorkalium. Selbständig als Sylvit in jener Mulde, bildet mit Chlormagnesium den Carnallit; hat von der Westküste stellenweise ganze Striche eingetränkt im Verein mit anderen Salzen und ist im meisten Natronsalpeter vorhanden; zuweilen über 22% des ganzen Gehaltes hinausgehend.

Kaliumsulfat. Im Kainit, Polyhalit, Picromerit und Syngenit Stassfurts. Nicht selten in den salinischen Substanzen der Westküste,¹ obschon nur schwach vertreten.

Natriumsulfat findet sich in Stassfurt-Egelu nur in Combination im Astrakanit und Glauberit; das letztere Mineral (Natriummit Kalksulfat) ist beiden Gebieten gemeinschaftlich; es findet sich bei Pica in Tarapacá mit Natroborocalcit, sehr schön bei Aguas blancas in Atacama und in dieser Wüste auch als Efflorescenz mit andern Salzen. Wasserfreies Natriumsulfat d. i. der Thenardit fand schon mehrfache Erwähnung von verschiedenen Localitäten des in Rede stehenden Salzterrains; in Egelu-Stassfurt ist er nicht vorhanden, wohl aber kommt er im Steinsalzgebirge von Espartinas in Aranjuez (Spanien) vor.

Als Glaubersalz, $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{aq}$, bedeckt es weite Strecken in Tarapacá und Atacama, nicht selten in ziemlicher Reinheit, wechsel-

¹ RAIMONDI l. c. S. 268.

lagernd mit andern salinischen Materien, oder innigst mit ihnen gemengt, oder efflorescirend über weite Flächen.

Chlorcalcium, Hydrophilit. Bildet in Egeln-Stassfurt mit Chlormagnesium den Tachhydrit; findet sich in selbständiger Form im Thon von Tarapacá an mehreren Stellen und bis 3,5 % des Gesamtgewichtes der erdigen Substanz ausmachend. Auch bei Laran und Laraos in der Provinz Chincha. Wohl mehrfach vorhanden, aber in den Analysen nicht immer als solches angeführt.¹

Sehr charakteristisch als Kennzeichen für Mutterlaugensalze sind wie überall auch im vorliegenden Falle die Borate.

In Egeln-Stassfurt sind dieselben repräsentirt durch den Boracit (Stassfurtit), Magnesiumborat mit Magnesiumchlorid, den Eisenboracit, der daneben noch Eisenborat enthält, den Pinnoit und den seltenen Hydroboracit, der aus Calciumborat mit Magnesiumborat besteht. Dieser kommt ausserdem noch im Kaukasus vor, wo ja Steinsalzlager und Mutterlaugensalze eine ausserordentliche Verbreitung besitzen.

Calciumborat findet sich nun auch als Hayesin in Atacama an den verschiedensten Stellen meist innig gemengt mit Boronatrocalcit, und dieser ist sehr häufig in Tarapacá. Auch Tinkalcit tritt dort auf. Die Borate der Westküste sind öfters mit andern Salzen innig vergesellschaftet, so auch zuweilen mit Natriumnitrat bis zu 2,5%.

In geringen Mengen erscheinen Kalk- bzw. Natronborate im Chilesalpeter, im Glauberit, ja sogar im Tarapacait.

Eigentümlich bleibt nur, dass Magnesiumborat noch nirgends im Bereich der ganzen americanischen Hauptgebirgskette gefunden ist. Höchstwahrscheinlich sind die Natronborate secundär aus Magnesium- oder Kalkborat hervorgegangen. Letzteres wird ausserdem als Silicoborocalcit im Anhydrit von Nova Scotia angetroffen, scheint also von vornherein aus Mutterlaugen abgesetzt werden zu können.

Bromsalze sind sowohl in Egeln-Stassfurt als auch an der Westküste verhältnissmässig schwach vertreten.

¹ Ich muss hier in Bezug auf Natriumsulfat und Chlorcalcium auf die Ausführungen von Otto's Lehrbuch der anorganischen Chemie verweisen, und namentlich auf das Beispiel der drei Zusammensetzungsberechnungen einer und derselben Salzaer Soole, in deren einer 0,13 % Magnesiumsulfat auftreten, während in den beiden andern sich schwefelsaures Natron in verschiedenen Quantitäten (0,274 und 0,153 %) an der Stelle von Magnesiumsulfat ergibt. Es kommt eben nur darauf an, ob man die nicht an Kalk gebundene Schwefelsäure dem Kali, Natron oder der Magnesia zuweist.

In Stassfurt erscheint Brommagnesium als Bromcarnallit. Von Tarapacá sagt RAIMONDI, dass viel caliche dieses Element in der Gestalt von bromsaurem Natron enthalte.

Jod, das in Tarapacá im caliche so reichlich vertreten ist, dass fast alles Jod auf dem Weltmarkte jetzt von dort kommt, fehlt bis auf schwache Spuren in Egel-Stassfurt. Dieser Ausfall ist leicht erklärlich, wenn man bedenkt, dass die äusserst zerfliesslichen Verbindungen des Jodes sich bis in die letzte Periode des Erstarrens flüssig halten. Dieselben verliessen eben, durch Thonbedeckung nach oben gedrängt, ihre Geburtsstätte in Stassfurt-Egel zugleich mit Chlorkalium, Magnesiumssalze, Bromide, Jodide und Lithiumverbindungen enthaltenden Endlaugen und wurden gewiss durch spätere Ueberflutung fortgeführt. In den hangenden Thonen finden sich in der That Repräsentanten der Magnesiasalze, Chlorkalium und geringe Mengen von Lithiumverbindungen. RAIMONDI führt das Jod im caliche als Natriumjodat auf; hiernach würde eine spätere Oxydation einiger Haloidsalze dort stattgefunden haben.

Was das Vorwiegen des Jodes gegen das sonst viel häufigere Brom betrifft, so kann dafür allerdings noch kein erschöpfender Grund angegeben werden, aber ein Analogon findet sich in den fast alles Brom für die Technik liefernden Bezugsquellen bei Natrona und Sligo am Westabhang der Alleghanies in Ohio, wo Jod fast gar nicht auftritt.

Hiernach wird es nicht nötig sein, speciell auf die Ableitung des Jods aus jodhaltigen Quellen oder aus dem Guano selbst einzugehen, wenn auch mancher Guano, z. B. der von Curaçao, nicht unbeträchtliche Quantitäten Jods enthält.¹

Lithium. In Stassfurt hat sich Chlorlithium unzweifelhaft über die Erstarrungsperiode der Borate hinaus in Lösung gehalten.

Ob derselbe Umstand auch an der südamericanischen Westküste eingetreten ist, muss aber noch dahin gestellt bleiben. Der Borocalcit von Ascotan enthält 0,341 % Lithium, entsprechend 2,07 % Chlorlithium, und dieser verhältnissmässig hohe Gehalt wird schwerlich erst nach der Bildung der allerdings sehr porösen und schwammigen Knollen des Borates von ihnen aus einer Lösung aufgenommen worden sein. Im caliche finden sich bis zu 0,025 % Lithium.

Lithium ist allerdings im Boden des peruanischen Litorales sehr verbreitet und in vielen Trinkwassern und Mineralquellen anzutreffen.

¹ H. STEFFENS, Zs. Anal. Chem., 19, 50.

Bei Tingo in der Nähe der Cordilleren liegt eine Mineralquelle, die sehr reich an Chlorlithium ist, und in der Asche von Blütenteilen peruanischer Pflanzen von den verschiedensten Punkten ist Lithium leicht spectralanalytisch nachzuweisen, aber dieser Gehalt rührt auch wahrscheinlich nur von der Bewässerung her, welche die von den Höhen kommenden Bäche und Flüsse ermöglichen.

Der Rio Rimac, an dem Lima liegt, erhält so seinen Lithiumgehalt nur von den Zuflüssen der Gebirge von Antarangra, während die der Ebene ihm gar kein Lithium zuführen.

Wenn nun auch mehrere Felsarten Perú's, z. B. Serpentin (bei Morococha), Feldspatgesteine (in der Cordillere), gewisse Halloysite, die hier und da auftreten, lithiumhaltig sind, so wäre es doch nicht unmöglich, dass der grössere Teil dieses Alkalis den frühern Salzbildungen bzw. Mutterlaugen entstammt, aus denen es die atmosphärischen Wasser leichter und in grössern Mengen lösen können, als aus Silicaten.

Rubidium und Caesium, die in den Carnalliten von Egel-Stassfurt vorhanden, sind nach RAIMONDI noch nicht in Perú angetroffen worden;¹ doch ist ihr Fehlen damit noch nicht bewiesen.

Schwefel findet sich vereinzelt hier wie dort in den Salzen. Die grossen Schwefelfelder, die sich in Tarapacá an mehreren Stellen ausbreiten, stehen wahrscheinlich gerade so, wie die sicilianischen Lager in engerer Beziehung zu den Salzsedimenten, als zu den Vulkanen.

Die angeführten Alaunvarietäten kommen zwar in Egel-Stassfurt nicht vor, erscheinen aber in andern Salzgebieten, die mehr Analogien mit denen der Westküste (hinsichtlich der secundären Lagerung) zeigen, z. B. in Utah. Nirgends jedoch treten sie da so massig und häufig auf, dass ihre leichtverständliche Bildung ein besonderes Licht auf die stattgehabten Processe werfe. Näheres darüber findet sich bei Besprechung der Hypothese von A. PISSIS gegen Schluss dieser Arbeit.

¹ Auch KIRCHHOFF und BUNSEN konnten in (wohl schon einmal raffinirtem) Chilesalpeter bzw. dessen Mutterlaugen, weder Rubidium noch Caesium nachweisen. DIEULAFAIT behauptet aber (C. r. 1884, 1545—47), dass die mit Chilesalpeter gedüngten, französischen Zuckerrüben Rubidium enthalten, das nur aus diesem stammen könne, weil die ohne fremde Salze gedüngten kein Rubidium enthielten; auch will er dieses in den aus der Raffinirung des Chile-Rohsalpeters in Europa hervorgehenden Mutterlaugen angetroffen haben.

Ochsenius, Natronsalpeter.

Phosphorsäure. Ist in Egelstassfurt nur in schwachen Quantitäten angetroffen worden; der Eisenboracit birgt 0,2—0,4^o/_o. In Tarapacá finden sich Spuren davon in den Boratknollen; der erdige Thenardit von den Bergen zwischen Socobaya und el Jaguey in der Provinz Arequipa enthält ebenfalls Spuren davon.

Es ist jedoch weniger die verschwindend kleine Menge von Phosphorsäure, die wir als ursprünglich den Mutterlaugensalzen angehörig in den Nitratlagerstätten antreffen müssen, als vielmehr die, welche vom eingewehten Guanostaub, dem — sagen wir es gleich — Nitrificationsmittel, her stammt, auch wenn dieser selbst verhältnissmässig sehr geringe Quantitäten davon enthält.

Auf gewöhnlichem, chemischen Wege entzog sich die Phosphorsäure bisher allen Nachforschungen, und wurde ihr Fehlen deshalb auch als Grund gegen meine Ansicht, dass der Guanostaub die Nitratbildung verursacht hätte, angeführt; denn ganz verschwinden konnte die Substanz doch eigentlich nicht. Das hat sie nun auch keineswegs gethan; aber die vorhandene hat sich in minimalen Dosen, wenn gleich wahrscheinlich überall, den Salpeterlagern und deren Decken beigemischt und ist nur mikrochemisch, jedoch leicht und in recht charakteristischer Weise nachweisbar.

Ich wählte zu diesem Behufe die beiden hangenden Schichten, den gewöhnlichen caliche, feines weisses Nitrat von den Absonderungsflächen des letzteren und das Liegende eines der Salpeterbetten von La Pampa östlich von Taltal, und werde das sehr leichte und bequeme Nachweisungsverfahren hier (da es für eine Anmerkung doch zu lang sein würde) beschreiben. Ich führte die Operationen unter der Anleitung und mit der gütigen Hilfe des Professors der Mineralogie und Geologie Dr. A. STRENG, dem ich hiermit meinen aufrichtigsten Dank noch öffentlich abstatte, im Laboratorium der Universität Giessen aus.

Eine etwa linsengrosse Menge der zu prüfenden Substanz wird auf einem Objectträger mit Salpetersäure befeuchtet und auf 100^o dadurch erhitzt, dass man denselben auf eine Glasscheibe legt, die eine Abdampfschale mit kochendem Wasser bedeckt. Nach Verflüchtigung der Salpetersäure wiederholt man ihren Zusatz und ihr Verdampfen, setzt darauf nicht allzu wenig, d. h. einen grossen Tropfen Wasser zu und filtrirt. Diese Operation vollzieht sich in niedrigster und einfachster Weise folgendermassen. Man legt den Objectträger mit dem grossen Tropfen, der die gesammte Substanz enthält, auf ein etwas schräg abgeschnittenes, umgestülptes Mineralienkästchen

(das also nur etwa 8 mm hinten und 4 vorn hoch ist), so dass der lange Rand des Objectträgers ein wenig nach vorn übersteht, schiebt einen zweiten Träger unter und bringt ein Streifchen Filtrirpapiers von etwa 1 mm Breite, vorn zugespitzt, mit dem breiteren Ende so an, dass dieses gerade die seitliche Peripherie des grossen Tropfens berührt, während das schmälere zugespitzte Ende abwärts geneigt auf die Mitte des zweiten tiefern Trägers zu liegen kommt. Sofort beginnt der grosse Tropfen zu filtriren, man dampft darauf den kleinern des erhaltenen Filtrates auf der 100° heissen Glasplatte ab und erhält davon einen meistens weisslichen Ring als Rückstand. Will man diesen verstärken, so braucht man nur noch einige weitere Tröpfchen von der Spitze des Filtrirstreifchens gerade auf dieselbe Ringstelle gelangen zu lassen beim Abdampfen; STRENG nennt das „concentrirt filtriren“. Dicht neben den Rand des Tropfenrückstandes, d. h. den Ring, bringt man nun einen kleinen Tropfen des flüssigen Reagens, das im vorliegenden Falle eine Lösung von molybdänsaurem Ammonium in Salpetersäure ist, und stellt vermittels eines Platindrahtes eine Brücke zwischen beiden her d. h. man lässt das Reagens in einem schmalen Streifen in den Ring fliessen und schiebt den Träger unter das Mikroskop. Da sieht man denn sofort, wenn Phosphorsäure vorhanden ist, schon bei 100facher Vergrösserung, wie sich in nahezu unter einander gleichen Abständen dunkle Pünktchen in der klaren Flüssigkeit bilden, welche allmählig zu rundlichen Gestalten anwachsen, in der Mitte hierauf hell werden und dann eine Raute erkennen lassen; in kurzer Zeit stellen sie sich als Rhombendodekaëder mit abgestumpften Ecken, seltener als Octaëder, dar, nehmen starken Glanz an und zeigen besonders bei auffallendem Lichte ihre eigenthümliche hellgelbgrüne Farbe. Das entstandene phosphorsaure Molybdän-Ammonium präsentirt sich mit seinem 6% nicht übersteigenden Phosphorsäuregehalt in nicht zu verkennender Gestaltung, Farbe und Glanz während einiger Minuten; nach und nach werden denn auch weitere Verbindungen eingeleitet und aus der Lösung niedergeschlagen, so dass sich der Anblick verändert und complicirt; aber man braucht das schöne Bild nur einmal gesehen zu haben, um es nie wieder zu vergessen.

Auf diese Weise lassen sich äusserst geringfügige Mengen von Phosphorsäure noch bestimmt nachweisen. Es war daher nicht schwierig, sowohl in den beiden Schichten des Hangenden der Nitratfelder von Pampa Taltal, als auch im caliche selbst den Phosphorsäuregehalt aufzufinden. Derselbe war am stärksten in der obern Schicht des

Hangenden, am schwächsten im caliche und nicht vorhanden in der reinen, weissen Varietät des Nitrates; auch im Liegenden fehlte er.

Dieses berechtigt zu der Annahme, dass er wohl überall in den Nitratsbetten, besonders in den Oberflächenschichten, vertreten sein wird. Aber dergleichen Untersuchungen wertloser Gesteine zu rein wissenschaftlichen Zwecken kann man den dortigen vielbeschäftigten Chemikern nicht zumuten.

Beim Hafen von Mejillones finden sich Knollen von Borophosphaten in Thonschichten, die von Guano durchdrungen sind, und welche bis zu 11,60 % Borsäure neben 29,50 % Phosphorsäure enthalten, neben Magnesia etc. Gips und Steinsalz sind die Begleitmineralien. Die Gegenwart der Borsäure zeigt, dass hier Mutterlaugen bis in die eigentlichen Guanolager an der Küste vordrangen, und in der Folge die Phosphorsäure der letztern sich mit der Borsäure der erstern zusammenthat.

Hiermit glaube ich den vollständigen Beweis geliefert zu haben, dass wir in Tarapacá und Atacama es mit Ablagerung von Mutterlaugensalzen zu thun haben, die, in den Anden von den dortigen Steinsalzflötzen sich trennend, heute auf secundärer Lagerstätte zwischen den Anden und der Küstencordillere, in angetroffenen Vertiefungen, sich angesammelt haben.

Höchstwahrscheinlich hat der Umstand, dass sie nicht in situ, wie in der Egelu-Stassfurter Mulde, durch eine abschliessende Decke von der Atmosphäre abgeschnitten wurden, die Gruppierung der einzelnen einfachen salinischen Substanzen zu chemischen Verbindungen (Doppel- und Tripelsalzen) weniger als dort begünstigt, wogegen sie andererseits nicht wie jene von Einwirkungen vulcanischer Thätigkeit frei blieben.

Natriumcarbonat aus Mutterlaugensalzen entstanden.

Ist, wie S. 26 behauptet, das sich bei und in den erwähnten Salzen findende Natriumcarbonat, besonders in Form von Urao (anderthalb kohlen-saures Natron), aus ihnen hervorgegangen, so müssen sich auch Ablagerungen von ihm dort in der Nähe finden, die nicht in Natriumnitrat übergegangen sind; denn nicht überall hat ein Nitrificationsprocess stattgefunden.

Dieser Fall liegt nun mehrfach vor.

Bei Tapacari und Lipez in den bolivianischen Departements Oruro und Potosí werden reiche und ausgedehnte Absätze von Natriumcarbonat ausgebeutet, um leichtflüssige Schlackenbilder bei metallurgischen Schmelzprocessen der benachbarten Hütten zu liefern. Kohlensaurer Kalk findet sich nicht in der Nähe; dagegen enthalten die Natron-Carbonate der Ablagerung von Santa Ana, die für die Hüttenwerke von Tupiza (Prov. Lipez) benutzt werden (und wahrscheinlich auch noch viele andere Lager) soviel organische humusartige Substanz, dass ihre Lösung in Wasser eine bierbraune Farbe annimmt und bis zur Sirupconsistenz eingedampft werden kann, ohne dass sich eine Krystallbildung einstellt. Die organischen Materien müssen da aus nächster Nähe stammen; denn fließende Wasser befreien sich bekanntlich selbst im Verlaufe ihrer Bahn von animalischen und vegetabilischen Unreinigkeiten, und noch weit leichter thun dieses Sickerwasser.

Die anorganischen Beimengungen bestehen aus Glimmer und Quarz in Krystallfragmenten oder Körnern.

Die Umgebung der Lager von Santa Ana besteht aus Porphyren; aber schwerlich stammt das Natron von diesen her; denn es ist vergesellschaftet mit Magnesiumcarbonat und -Sulfat und Chlornatrium, welches letztere überhaupt alle salinischen Absätze in jenen Gegenden begleitet. (C. FRANCKE.)

Eine Abstammung aus vulkanischen Gesteinen, wie Andesit etc., wie solche ja im kleinen nicht selten vorkommt, durch Ausblühung, ist also ausgeschlossen, selbst wenn man annehmen wollte, dass der Ausdruck Porphyry nicht richtig gewählt sei, indem ein vulkanisches Product hier vorläge.

Beachtenswert am Lager von Santa Ana ist noch, dass, obgleich bei demselben Verhältnisse herrschen, die denen in Tarapacá fast analog sind in Bezug auf Salzmaterial, Klima etc., trotzdem hier wie dort organische Substanzen in Mengung mit den Carbonaten ins Spiel kommen, doch keine Salpeterbildung stattfindet, was ein nicht unwichtiges Moment für die Erklärung der Nitrification in Tarapacá constituirt; Humus macht eben keinen Salpeter aus Carbonaten.

Weiter nördlich in Perú stösst man bei Chilca, Pacasmayo und Arequipa ebenfalls auf Natriumcarbonatschichten; aber auch in Atacama fehlen solche nicht; im Thale von Copiapó sind Wechselagerungen von Natriumcarbonat und Natriumsulfat einige Zoll dick schon von DARWIN¹ beobachtet worden.

¹ Reisen eines Naturforschers.

Hiernach ist doch nur anzunehmen, dass beide Salze in gemeinschaftlicher Lösung die Mulden erreichten und da in der Reihenfolge, die man bei dem Absatze zweier Salze von verschiedener Löslichkeit beobachtet, niedergeschlagen wurden. Sehr nahe liegend ist dabei auch die Vermutung, dass beide demselben Herd entsprungen und mit einander gemischt aus den Cordilleren gekommen sind.

Sicherlich wird noch viel derartiges sich finden, wenn erst die Wüste besser durchforscht werden kann.

Nur weil man mehrfach versucht hat, die dortigen Verhältnisse auf Oceanbedeckungen (wenn auch in tausenden von Metern Seehöhe) zurückzuführen, welche vegetabilische Massen zurückliessen, will ich erwähnen, dass Natriumcarbonat wohl aus einer Lösung von Meersalzen mit grossem Ueberschuss von Calciumcarbonat im Wasser, das mit Kohlensäure gesättigt und mit frischen Pflanzenblättern versehen ist, hervorgehen kann; hierzu ist aber Dunkelheit und Abwesenheit von Gips unerlässlich.¹ Das sind zwei Factoren, die einen Glauben hieran für Tarapacá und Atacama nicht aufkommen lassen.

Bei dieser Gelegenheit muss noch einiges über den beim ersten Blick auffälligen

Mangel an Magnesiumsalzen im Caliche

gesagt werden. Trotzdem Magnesiumchlorid wegen seiner Beweglichkeit nicht die Vermutung aufkommen lässt, es in solcher Menge zu finden, dass diese der von Chlornatrium entspricht, nämlich 1 zu 0,8 in concentrirten Mutterlaugen, so ist der Ausfall doch bedeutend und steigert sich noch, wenn auch das Magnesiumsulfat mit in die Berechnung gezogen wird.

Im Meerwasser ist das Verhältniss desselben zum Natriumchlorid wie 1 zu 13,5; in den concentrirten Mutterlaugen wie 1 zu 1,4 und fasst man beide Magnesiumsalze zusammen für concentrirte Mutterlaugen, d. h. für solche, die bei freiwilliger Verdunstung kein Wasser mehr entlassen, so stellt sich gar ein Verhältniss von 1 zu 0,5 heraus, d. h. Magnesiumsalze müssten das doppelte des Chlornatriums bzw. der Natronsalze betragen.

Wenn nun auch Magnesiumsulfat in Bänken und als Bestandteil vieler Salzmassen dort vorkommt, also eine Schätzung des Verhältnisses zum Chlornatrium nur schwach annähernd sein kann, so scheint

¹ E. PICHARD, C. r. 83, 1104.

doch ein Ausfall an Magnesiasalzen gegen die Natronsalze in den vor der Küstencordillere angelangten und aufgestauten Mutterlaugensalzen stattzufinden. Aber der Wechsel dieses Verhältnisses musste eintreten bei der Umwandlung von Chlornatrium in Natriumcarbonat durch Einwirkung von vulkanischer Kohlensäure.

Hat stellenweise eine Umwandlung des Steinsalzes in Aetznatron durch Hitze stattgefunden, wie nach dem auf S. 26 gesagten, möglich ist, so muss auch das Magnesiumchlorid in Oxychlorür übergegangen sein und dieses nachträglich zum Teil wenigstens in Magnesiumcarbonat. Eine Partie der aus dem Bittersalze gleichzeitig ausgetriebenen Schwefelsäure mag sich dabei des entstandenen Ätznatrons bemächtigt haben und daher erscheint viel Natriumsulfat. Nun hält sich allerdings Natriumcarbonat in Lösung neben Natriumsulfat, aber nicht neben einem Erdsulfat, und da die kohlensaure Magnesia schwer löslich ist, konnte sie den nach unten strömenden Lösungen nicht folgen, sondern musste, mindestens zum grossen Teile, zurückbleiben. Die dolomitischen Gesteine der Anden bezeugen dieses in hinlänglichem Masse. Der geringe Teil, der mit den Laugen ging, verdankt seine Fortführung dem Umstande, dass Magnesiumcarbonat in Lösungen von Magnesiumsulfat etwas löslich ist und die Gegenwart von Chlornatrium diese Löslichkeit noch vermehrt. Deshalb findet sich die kohlensaure Magnesia auch oft mit dem Natroncarbonat und Magnesiumsulfat, z. B. bei Tupiza etc., wenn auch in geringer Menge. Gänzlich fehlen wird sie nirgends in Tarapacá und Atacama. Auch im caliche wird sie gefunden und sicherlich sind auch die meisten thonigen und kalkigen Bodensatzbildungen, die dort vorkommen, magnesia-carbonathaltig; denn kohlensaure Salze der Magnesia vertragen sich nicht mit Kalksalzen in Lösung. So setzt sich z. B. Gipslösung mit Magnesiumcarbonat bei gewöhnlicher Temperatur um in kohlensauren Kalk und Bittersalz. Und derartige Vorgänge scheinen wirklich in Atacama stattgefunden zu haben.

So sagt z. B. PHILIPPI²: „Der Boden zwischen Cachiyuyal und Cachinal de la Sierra weist fast überall unter der obersten Decke Gipsrinden auf, und unter diesen erscheint, wenn sie durch die Hufe der Maultiere zerbrochen werden, ein Federsalz, wahrscheinlich Glaubersalz.“

Gipswasser fehlen also nicht. Weiterhin heisst es, dass die sehr porösen, schwammartig durchlöcherten Rapilli, welche grosse

¹ Atacama, S. 39.

Strecken weiter östlich bedeckten, Kalkrinden in den von aussen zugänglichen Blasenräumen zeigten. War, was nicht unmöglich ist, das oben erwähnte Salz Bittersalz statt Glaubersalz, so wäre ja die Nachbarschaft der drei Verbindungen erwiesen.

Eine Analyse der Efflorescenzen zwischen Cachiyuyal und Cachinal de la Sierra liegt nicht vor, wohl aber eine solche derer, die im allgemeinen als sehr häufig in Atacama vorkommend bezeichnet werden, von PHILIPPI gesammelt und von DOMEYKO untersucht wurden. Ihr Bestand war

Natriumchlorid	7,3
Natriumsulfat	35,2
Kalksulfat	18,9
Magnesiumsulfat	16,1
Eisensulfat	1,8
Thonerdesulfat	1,1
Wasser	15,0
Thon	3,8

Der Gehalt ist aber sehr variabel; einige Ausblühungen enthalten über die Hälfte ihres Gewichtes Glaubersalz, andere sehr viel Magnesiasalze, andere wieder bestehen aus vorwaltendem Chlornatrium mit Magnesia- und Natronsalzen.¹

Beziehungen zwischen Natronsalpeter und Gips und Natroncarbonat.

Schon DARWIN sagt, dass der Boden der Pampa bei Jquique aus Thon, Sand, Gips und Steinsalz bestände und spätere Beobachter berichten fast alle von Gips, der mit dem caliche vorkomme. Trotzdem es hiernach scheint, dass ein inniger Zusammenhang zwischen Calciumsulfat um Natriumnitrat bestehe, so ist dieses doch nicht der Fall; wenigstens ist dieser Zusammenhang in den meisten Fällen höchst wahrscheinlich kein notwendiger, sondern nur ein zufälliger.

Belege für letztere Behauptung finden sich in den Thatsachen, dass es Salpeterlagen gibt, welche unmittelbar auf den (meist porphyrischen) Felsboden aufgelagert sind, z. B. bei Cachinal, dass calciumfreie Calichesorten vorkommen (DOMEYKO's und RAIMONDI's Analysen zeigen solche) und dass manchen salitreras jede Gipsdecke

¹ DOMEYKO, Min., S. 229.

fehlt. A. VILLANUEVA fand z. B. die Nitrate bei Remiendos nur unter einer leichten Decke von Thon und Sand, SIEVEKING erwähnt dergleichen bei Cachiyuyal unter einer schwachen Sandschicht. Nordöstlich von diesem Orte finden sich auch an 3 m mächtige Lager, die wenig fremde Salze enthalten und in deren Nähe weder Gips noch Steinsalzablagerungen anzutreffen sind.

Als weiteres Argument gegen die Zusammengehörigkeit von Gips und Natronsalpeter kann angeführt werden, dass Gips und Natriumcarbonat (aus dem das Nitrat hervorgeht) auf die Dauer nur in sehr verdünnten Lösungen neben einander bestehen können; sie setzen sich nämlich, sobald die Solutionen etwas concentrirter werden, gegenseitig in Natriumsulfat und Calciumcarbonat um; Gipskrystalle in einer Sodalösung verwandeln sich nach und nach in kohlensauren Kalk (SORBY). Wohl mögen wirklich an einzelnen Stellen derartige Vorgänge stattgefunden haben, die Menge des Natriumsulfates in der Mehrzahl der Analysen und das Vorhandensein von Calciumcarbonat und etwas Magnesiumcarbonat in einigen, lassen mit ziemlicher Sicherheit darauf schliessen, und ein Teil des Kalkcarbonates der calichales mag vielleicht hiervon abzuleiten sein; aber total durchgreifend konnten solche Umsetzungen nicht sein; denn aus den drei letzterwähnten Salzen entsteht kein Salpeter.

Im Meerwasser selbst kommt zwar neben kohlensaurem Kalk und Gips, dessen Salzgehalt sich zusammensetzt aus 76,84 % Chlornatrium, noch Magnesiasulfat und doppeltkohlensaures Natron vor, z. B. in dem des arctischen Oceans, welches neben 0,057 procentualischen Teilen Calciumcarbonates und 0,476 Teilen Natriumbicarbonates 4 solche von Gips und 5,93 Magnesiasulfat aufweist,¹ und es ist anzunehmen, dass sich Natriumcarbonat in allem Meerwasser findet, weil es sich in so verdünnten Lösungen, wie Oceanwasser mit Gips verträgt, aber dieser Gehalt von Natriumbicarbonat kommt nicht mehr zur Geltung, sobald das Meerwasser sich concentrirt; denn bei der Reduction dessen Volumens auf etwa die Hälfte fällt der ursprüngliche Gehalt an Calciumcarbonat aus, worauf die Niederschläge stocken, bis die Volumverringernng auf etwas weniger als ein Fünftel vorgeschritten ist; dann erscheinen wieder Calciumcarbonattheile, die aus der Umsetzung von Natriumcarbonat und Calciumsulfat in Natriumsulfat und Kalkcarbonat herrühren.

Durch diese Vorgänge, die USIGLIO genau beobachtet, erklären

¹ L. SCHMELCK, Nordpolexpedition, J. pr. Chem. XXII, 187.

sich auch manche eigentümliche Erscheinungen, die bei Salzseen, z. B. bei dem von Utah auftreten.¹

Hiernach ist einleuchtend, dass die Gegenwart von Gips der Nitratbildung durch (wenn auch nur partielle) Zerstörung des Natriumcarbonates eher entgegenwirkt als förderlich ist, und deshalb sein Auftreten in den Salpeterfeldern durchaus nicht als ein constructiver, sondern eher als ein destructiver Factor zu betrachten ist. Stammt das Calciumsulfat aus kieshaltigen Feldspatgesteinen, so richtet der gleichzeitig mit ihm entstehende Alaun auch noch einen entsprechenden Teil von kohlensaurem Natron, der Salpeterbasis, zu Grunde.

Die letztere Eigenschaft wird auch noch durch den Umstand bewiesen, dass der caliche da, wo er auf Felsengrund ruht, reiner ist, als da, wo er Gipsboden zum Liegenden hat.

Einige der Gipslager an der Küste scheinen älterer Formation und direct aus dem Ocean als Beginn einer Salzbildung in partiell abgeschnürten Meeresbusen abgesetzt zu sein, z. B. die dichten Gipsmassen von Totoralillo (Copiapó), die Gips- und Mergellagen bei San Antonio, Lomas bayas und los Bordos (in Atacama) und vielleicht auch die der Quebrada de la Marquesa (Coquimbo).

Der Zug feinkörnigen Gipses östlich von der Serrania de Caracoles gehört wahrscheinlich einer spätern Epoche an.

Leider fehlen genaue Analysen dieser Lager. Besonders würde der Ammonikgehalt einen Anhaltspunkt darüber liefern, ob die Niederschläge aus reinem Oceanwasser stammen oder aus Wassern, die von den Abhängen der Anden kamen. Mit der Concentration des Meerwassers nämlich wächst zwar in demselben die Menge des Ammoniaks, aber im schwächern Verhältniss, weil ein Teil desselben in die Atmosphäre entweicht. Der aus dem Meerwasser entstehende Niederschlag von Calciumsulfat enthält nicht allein eine der obigen entsprechende Quantität Ammoniak (0,13—0,36 mgr im Liter), sondern auch noch eine durch die Verwesung der organischen Ueberreste gebildete Menge. Diese letztere wird namentlich bedeutend dadurch, dass zu Anfang der Niederschläge noch eine starke marine Flora in dem Salzbusen existirt, wogegen die spätere stärkere Concentration des Buseninhaltes jedwede Vegetation ausschliesst. Der reine Gips dieser Niederschläge enthält nach DIEULAFAIT² 0,8—3,2 mg Ammoniak; der graue Gips 2,4—6,2 mg; der schwarze bituminöse 10,6—18,0 mg.

¹ OCHSENIUS, Zs. geol. Ges. 1882, 367 ff.

² Ann. Chim. Phys., Juli 1882, S. 407.

Als von den Cordilleren in Form von Lösung angebracht, muss dagegen jedenfalls derjenige Gips betrachtet werden, der in weniger grossen Bänken oder fein verteilten Massen in den Salares, Salitreras und Calichales auftritt.

Gewiss hatte an vielen tiefen Stellen, in denen sich caliche findet, vorher ein Niederschlag von Gips, Sand und Thon stattgefunden und war von einer Steinsalzbildung aus denselben Wassern gefolgt worden, ehe Mutterlaugen mit Natroncarbonat von den Abhängen her auf dem Platze erschienen und sich mit den noch vorhandenen Lösungen mischten.

Hie und da werden sie noch über dem Gips und Steinsalz flüssige Lösungen von Chlornatrium und Magnesiasalzen getroffen haben, und da fanden denn locale Umsetzungen, wie sie oben besprochen wurden, statt; ein Teil des hinzugetretenen kohlensauren Natrons musste sich mit Magnesiasulfat in schwefelsaures Natron und Magnesiacarbonat umsetzen, das sich niederschlug und liegen blieb. Auf einen von dem ersten zeitlich verschiedenen Zutritt von Fluten deutet auch die Thonschicht, welche meist zwischen dem eigentlichen Liegenden und dem caliche sich findet, hin. Schon HAYES erwähnt dieselbe als dünn, braun und zwischen Steinsalz und Salpeter liegend. Sicher ist sie von den hinzufliessenden Mutterlaugen vorher abgesetzt worden und fehlt wohl nirgends ganz, wenn sie auch wegen sehr geringer Stärke hie und da von den Beobachtern nicht erwähnt oder von den Technikern nicht beachtet worden ist. Die Rolle eines mehr oder weniger wirksamen Diaphragmas ist ihr aber immerhin zugefallen.

Unter allen Umständen müssen Gipsteile, die vorhanden waren, oder zugebracht wurden, sich als solche gehalten haben und mit in die Mischung hineingegangen sein, ehe sie zersetzt werden konnten; denn sie sind vorhanden. Erst nachträgliche Bildung aus Calciumcarbonat ist wenig wahrscheinlich, weil dieses zu schwer löslich ist, und sich eine solche Zersetzung auch an Handstücken nachweisen lassen müsste. Eher könnte man vermuten, dass die Mutterlaugen über oder durch Kalkgebirge geflossen seien; aber dann hätte der entstandene Gips während des Laufes oder gleich nach Ankunft der Laugen das Natriumcarbonat zersetzen müssen. Nah liegt neben der schon berührten die Möglichkeit, dass das Calcium des Gipses, der in den einzelnen Schichten fein verteilt vorkommt, nicht als Sulfat, sondern als Chlorid hineingelangte und mit Mutterlaugensalzen von der Zusammensetzung des Kainits, $K_2 SO_4$, $Mg SO_4$, $Mg Cl_2 + 6H_2 O$, in Verbindung trat. Wird nämlich Kainit, Schönit oder dergl., wie

schon früher gesagt, mit chlorcalciumhaltigen Laugen behandelt, so entsteht Kaliumchlorid, Magnesiumchlorid und Gips.¹

Diese drei letztgenannten Verbindungen sind vorhanden, und es ist daher durchaus nicht ausgeschlossen, dass ihre Bestandteile vorher anders gruppiert gewesen sind.

Gleichviel, ob eine teilweise Umsetzung der Art stattgefunden oder nicht, jedenfalls blieb Natriumcarbonat genug für die Bildung von Natronsalpeter, und dieser Umstand hat durchaus nichts auffallendes für den, der weiss, dass jede chemische Reaction Zeit in Anspruch nimmt, und dass dieselbe durch Gegenwart anderer Verbindungen sehr verzögert werden kann, ja man findet in Mineralwassern sogar Verbindungen neben einander bestehen, die in Laboratoriumsversuchen sich nicht vertragen. Jeder angehende Chemiker (und noch mehr jeder Photograph) kennt schon den Unterschied bei den Reactionen zwischen frisch gefällten oder bereiteten Reagentien und andern, die schon längere Zeit als solche bestanden haben. Auch viele Löslichkeitsverhältnisse ändern sich. Man beobachtet häufig bei solchen Processen im Kleinen, dass aus Lösungen von Salzgemischen beim Verdampfen sich die einzelnen Bestandteile nicht immer genau nach dem Grade ihrer Löslichkeit geordnet ausscheiden, sondern dass in den zerfliesslichsten Salzen ein schwer lösliches eingeschlossen ist und umgekehrt. So krystallisirt z. B. aus den jodhaltigen Mutterlaugen des rohen Natronsalpeters plötzlich und ganz zuletzt nur Kalisalpeter, während bei einem Gemenge von reinem Natronsalpeter und Kalisalpeter, der letztere sich doch stets zuerst abscheidet. Ebenso wird öfters ein Ausscheiden schwer löslicher Borate aus den sonst nur zerfliessliche Verbindungen enthaltenden Mutterlaugen beobachtet.²

Aus einer Lösung von Silbernitrat und Natriumnitrat fällt das erste beim Eindampfen zuerst heraus, obschon es das bei weitem löslichere Salz von beiden ist.³

Nach USIGLIO's Versuchen geht beim Verdampfen von Meerwasser etwas Magnesiumsulfat schon mit dem ersten Steinsalz nieder. In Wirklichkeit existirt aber sehr viel total magnesiumfreies Steinsalz, nur thoniges pflegt bittersalzhaltig zu sein und nach BALARD⁴ erhält man in den Salzgärten von Camargue durch freiwillige Verdunstung

¹ H. BOECKEL, D. R. P. 14938.

² NOELLNER, J. pr. Chemie C. II.

³ W. J. RUSSEL, Proc. Royal Soc. 1877, p. 357.

⁴ Bull. Soc. d'encouragem. 1865, XII.

den ersten Absatz als reines, magnesiumfreies Steinsalz. Also da ist schon ein Unterschied zwischen Abdampfschale und Salzgarten zu constatiren. Ich muss deshalb hier meinen früher¹ ausgesprochenen Satz wiederholen: Wer aber denkt, dass alle diese Vorgänge sich in eben der stetigen Reihenfolge und Ruhe vollzogen haben, wie man sie in der Abdampfschale eines Laboratoriums, der Siedepfanne einer Saline oder dem Salzgarten einer Mittelmeerküste beobachten kann, der muss auch an eine Harmlosigkeit und Einfachheit der Hydrographie und besonders der damaligen tropischen glauben, für welche die Natur (wie PAYER sagt) in keiner Sphäre Vorliebe zeigt.

Letzteres gilt in höherem Masse auch für die vulkanischen Bewegungen.

Eine Gipsbildung aus Magnesiumsulfat und Kalkcarbonat, die in grosser und grösster Scala als Dolomitisirung vorkommt und sich durch einen fast nie fehlenden Gipsgehalt des Dolomites charakterisirt, könnte wohl stattgefunden haben; allein dieser müsste eine grössere Menge von Magnesiumcarbonat entsprechen, als die in den Salpeterfeldern vorkommende. Hierüber kann erst eine grössere Anzahl von Analysen des Untergrundes Aufschluss geben.

Wie bekannt, bildet sich Gips auch aus einem feuchten Gemenge von kohlensaurem Kalk und Schwefel. Schwefel kommt an vielen Vulkanen jener Gegenden vor und auch auf oder mit den Salzen der Pampa de Coipaza, wie schon erwähnt (S. 15); Kalk ist ebenwohl vorhanden und organische Substanzen, die diesen Process befördern², fehlen nicht, aber dennoch kann die allgemeine Gipsbildung dort nicht davon abgeleitet werden, weil in den Lagern unzersetzter Schwefel zu den Seltenheiten gehört, ebenso wie in Stassfurt.

Gips kommt im Meerwasser, in dem sein Gehalt 6,9% des Chlornatriums beträgt, fertig gebildet vor, und gehört zu den Bestandteilen, die sich bei Verdunstung zuerst niederschlagen, es bedarf also keines Suchens nach seiner Entstehung in den unzweifelhaft marinen (wenn auch nicht direct aus dem Ocean abgesetzten) Calicheablagerungen. Einzelne Zersetzungen und Rückbildungen verändern nichts an der Sachlage und das mögliche Eintreten von Calciumsulfat in Mutterlaugen ist auf S. 24 berührt worden.

¹ OCHSENIUS, Steinsalzlager, S. 71.

² E. POLLACCI, Arch. Pharm. 1875, 359.

Zu einer Concentration fein verteilter Gipsteilchen ist keine Lösung erforderlich, die chemische Anziehung äussert sich überhaupt auch in nahezu festen Massen. So beobachtete A. DRONCKE¹ Krystalle von Gips, welche sich innerhalb einer Zeit von 39 Jahren in dem zur Eindeckung von Kasematten auf der Festung Ehrenbreitstein verwendeten, ursprünglich Gips enthaltenden Thon gebildet hatten. Diese bieten also ein treffendes Analogon zu den Gipskrystallen aus der *costra* der *salitreras*, welche H. RECK erwähnt. Mögen derartige Vorgänge auch noch so langsam vor sich gehen, sie schreiten doch immer vorwärts und hier gewiss mit grösserer Leichtigkeit als bei den Pseudomorphosen, bei denen ein unlöslicher Körper in einen andern mit vollständiger Erhaltung der Krystallform übergeht.

Nachdem nun die zuerst vor der Küstencordillere eingetroffenen Salzwasser ihren Gips in den verschiedenen Depressionen, die sie einnahmen, ganz oder teilweise abgesetzt hatten, begann ein solcher von Steinsalz in stärkerem oder schwächerem Grade. Nach Beendigung dieses Processes erfolgte eine neue Überflutung durch Mutterlaugen, die kohlen-saures Natron in bedeutender Quantität enthielten. Dieselben müssen, wenigstens bei ihrem Durchbruch auf den Höhen, wo sie sich von ihren Steinsalzflötzen trennten, schon einen sehr hohen Grad von Concentration besessen haben, ja es ist sogar anzunehmen, dass ein Teil von ihnen dort (unter vulkanischer Einwirkung vielleicht) erstarrte, so dass gewissermassen nur die letzten Endlaugen flüssig genug blieben, um sich auf den Weg zu begeben, und darauf Depressionen zu füllen, die zum Teil schon Gips und Steinsalz besaßen, oder noch von diesen unberührt waren, oder sich mittlerweile erst gebildet hatten, obschon der erste Fall wohl als der häufigste anzusehen ist. Schlamm wurde, wenn in hinreichender Menge mitgeführt, abgesetzt und da, wo noch flüssige Reste in den Depressionen vorgefunden waren, das chemische Gleichgewicht durch Bildung der entsprechenden Salze hergestellt, wobei natürlich Unlösliches ausgeschieden wurde. Teile der vorgefundenen Verbindungen wurden auch vielleicht wieder aufgelöst, woraus sich die grosse Mannigfaltigkeit erklärt, die in der Reihenfolge der Begleitsalze des *caliche* beobachtet wird. Im Ganzen aber hat man es immer mit einer Salzlösung zu thun, die zusammengesetzt ist aus vorwaltenden Natronsalzen in Form von Chlornatrium und Natriumcarbonat, mit einem geringen Procentsatz von Natrium-

¹ Poggend. Ann. CXXXII, 472 erw. in Will, Jahresb. 1868, S. 1004.

sulfat, zu denen sich noch etwas Chlorkalium und Chlormagnesium oder Magnesiumsulfat, wenn auch in zurücktretenden Mengen, gesellt, wie aus den Analysen hervorgeht.

Das Vorkommen von Chalcedonen in den Nitratgegenden.

Als häufig auftretend in und bei den calichales werden Chalcedonkiesel angegeben.

PISSIS¹ leitet ihr Vorkommen aus den Mandeln der verschiedenen Porphyre ab, indem er meint, dass bei der Verwitterung dieser Gesteine die Quarzminerale die einzigen seien, die der Zerstörung widerstehen; dass man Chalcedone allerdings in einigen salitreras in grosser Menge fände, jedoch nicht in allen und dass deshalb die Annahme, sie bildeten ein Merkmal für die Entdeckung von Salpeterlagern eine irrige sei.

Ohne dieser Ansicht gerade entgegenzutreten zu wollen, muss doch bemerkt werden, dass PHILIPPI² sagt: „Die Herkunft der Millionen kleiner Chalcedonkugeln zwischen Cachiyuyal und Cachinal de la Sierra, sowie bei Barrancas blancas ist mir rätselhaft. Die Weise ihres Auftretens lässt die Meinung, dass sie aus einem zerfallenen Mandelstein entspringen, nicht aufkommen. Sie liegen da vermischt mit vulkanischen Schlacken. Aber die Chalcedone, die zwischen Cachiyuyal und Taltal, am Strande von Taltal und an dem von der Chimba (23° 30' S. Br.) liegen, scheinen aus Mandelsteinen zu stammen, obwohl ich gestehen muss, dass ich an keiner Stelle derartige Gesteine gesehen habe. Nach MEYER liegen grosse Mengen von Chalcedon zwischen den Schuttmassen der Porphyrrregion bei Pasto Grande auf dem Wege von Tacna nach Bolivia, auch die Porphyre der südlich von Atacama gelegenen chilenischen Provinzen schliessen oft Nieren von Jaspis, Achat und Chalcedon ein, aber nie habe ich solche Porphyre in der Wüste gesehen.“

Nun könnte man allerdings sagen: „wenn Mandelsteine mit Chalcedoneinschlüssen in den Cordilleren nördlich und südlich von Atacama vorhanden sind, so werden sie auch wohl da nicht fehlen, selbst wenn sie bis heute noch nicht nachgewiesen worden sind.“ PISSIS nennt auch keine Localität, an der er sie gefunden hat, sondern

¹ S. 16 und 18 seines Berichtes an die chilenische Regierung, 1877.

² PHILIPPI, Atacama, S. 116.

bezeichnet sie nur allgemein als Muttergestein der Chalcedone; sie könnten demnach doch dort existiren.

Auch Verfasser dieses ist der Meinung, dass, so lange keine zwingende Notwendigkeit vorliegt, eine andere Herkunft ausfindig zu machen, d. h. so lange nicht das Fehlen von entsprechenden Massen von Porphyren mit Chalcedonmandeln für Atacama zweifellos erwiesen wird, die Ableitung als die einfachste erscheint.

Es muss jedoch bemerkt werden, dass gerade alle die Punkte, die PHILIPPI als Chalcedon-Fundstätten bezeichnet, sich als Salpeterlager oder nahe Nachbarn derselben erwiesen haben. So liegen bei Cachiuyal, östlich von Taltal, grosse Nitratlager; der Weg von da nach Cachinal führt mittewegs gerade über ein solches und zwischen zwei andern durch, welche sämtlich erst später aufgefunden wurden; nicht weit nordwestlich von Barrancas blancas liegt der grosse Salar von Punta Negra, und nur wenig landeinwärts der Bucht la Chimba befinden sich die sehr bedeutenden Salzablagerungen und Salpeterfelder del Carmen de Navidad und Aguas Blancas.

Wo PHILIPPI also Chalcedone fand, sind später auch calichales entdeckt worden; anstehende Porphyre mit Chalcedonmandeln, aus denen jene stammen könnten, führt aber weder er noch PISSIS an. Jaspis mit Chalcedonstreifen in Bruchstücken citirt allerdings PHILIPPI von einigen anderen Punkten, aber kein Gestein, in dem sie vorkommen.

Aus dem Lager von Aguas blancas liegen mehrere Chalcedonstücke vor, die bis 8 cm lang, breit und hoch sind. Ihre Form ist stalactitisch, trauben- und warzenförmig mit Auswüchsen, die fingerähnliche Dimensionen und Krümmungen zeigen. Die Farbe aller ist ein gleichartiges Gelbgrau. Die Flächen, vermittels derer sie anscheinend mit dem Gestein zusammenhängen, sind eher concav als convex, können also nicht gut mandelartigen Hohlräumen eines Porphyrs angehört haben. Ueberhaupt sind homogene, faustgrosse, fast undurchsichtige Chalcedone nicht aus Mandelsteinen bekannt; die aus Porphyren sind immer achatartig d. h. lamellen- oder zonenweise durchscheinend bis durchsichtig und bunt, welches letztere ja auch PHILIPPI von den chilenischen ausdrücklich betont.

Die Art des Vorkommens der Chalcedonconcretionen ist der der Borate wohl ganz analog. Sie brauchen durchaus nicht in den Schichten der Salze selbst ihre Hauptvertretung zu finden und werden von Salzwassern, die nach ihrem Starrwerden zutreten, höchstens mechanisch weitergespült aber nicht wieder gelöst.

Ganz dieser Ansicht entsprechend trifft man auch zahlreiche, von den Eingeborenen *cocos* genannte Chalcedonmandeln in und bei den viel Borate enthaltenden Salzbetten der ganzen Gegend zwischen Polapi und Ascotan im nördlichen Atacama. (Mit dem Ausdruck *coco* bezeichnet man da mehrere Arten wallnussgrosser hartschaliger Früchte.) Unter allen Umständen wird die scheinbare Beziehung zwischen Mutterlaugensalzen und einfarbigen Chalcedonen für Atacama nicht als rein zufällig anzusehen sein, weil dieselben Substanzen auch anderwärts vergesellschaftet angetroffen werden, z. B. in der südafrikanischen Soa-Salzpflanne, die nur einige Meilen südlich vom 20. Breitengrad in einem Depressionsgebiet liegt, das 46300 Quadratkilometer einnimmt und in seinem tiefsten Punkte 740 m Meereshöhe hat, während sich der nahe Ngamisee bereits auf einer Höhe von 893 m befindet. Dort bedecken kleine Chalcedone und Milchkiesel, die das Regenwasser herabschlemmt, den Rand des Salzsees.¹

Dass diese Kiesel in höhern Horizonten liegen und erst herabgespült werden, ist nicht auffallend; sie werden wohl weiter oben gebildet worden sein; ihr Vorkommen am Rande bzw. in der Soa-Salzpflanne selbst ist aber bemerkenswert genug und stützt jedenfalls in etwas die Ansicht über den Zusammenhang zwischen Chalcedonkieseln und Salzbildungen, an welchen in Atacama die *cateadores* (Minenspürer, Schürfer) fest glauben. Sollte sich die Berechtigung dieses Glaubens durch spätere Beobachtungen ergeben und der Causalnexus einer Erläuterung bedürfen, so müsste natürlich auch hierfür eine genügende Auskunft in der jetzigen Erklärung der Bildung des Nitrates zu finden sein.

Eine solche ist nun allerdings naheliegend.

Natriumcarbonat bildet mit Kalksilicaten der Felsen nämlich Kalkcarbonat und Natriumsilicat, welches letztere sich wieder leicht durch organische oder anorganische lösliche bzw. freie Säuren zersetzt, wodurch eine Abscheidung der Kieselsäure als Gallerte, die rundliche Formen beim Starrwerden in Flüssigkeiten annimmt, erfolgt.²

Die Verkieselung von Holz geht sicher in der Art vor sich, dass Alkalisilicatlösungen von den organischen Säuren der Holz-

¹ HOLUB, Sieben Jahre in Südafrika. Wien 1881.

² Die letzt entwickelte Ansicht wird nur angeführt, um zu zeigen, dass auch die allerdings noch nicht als richtig erwiesene, aber doch bestehende Volksanschauung der Zusammengehörigkeit von Chalcedon und Salpeter der Erklärung von der Bildung des Nitrates durchaus nicht widerspricht.

Sog. Köhlerglauben bergen meist einen, wenn auch winzigen Kern von Ochsenius, Natronsalpeter.

substanz zerlegt werden. Es erklärt sich so auch die Gegenwart kleiner Quarzkrystalle auf Braunkohle, ungeachtet die in dieser Richtung zur künstlichen Erzeugung angestellten Versuche noch kein positives Resultat geliefert haben.¹

Das Eintreten von Kieselsäure in Salzlösungen fand schon S. 50 Erwähnung. Hier mag nur noch auf die verhältnissmässig bedeutende Quantität von Kieselsäure hingewiesen werden, die in dem salzigen Säurewasser des vom Vulkan Purace in den nördlichen Anden kommenden Rio Vinagre enthalten ist.

In 1000 Teilen fanden sich nach früheren Angaben BOUSSINGAULTS² 0,81 Kieselsäure, nach neuern desselben Forschers³ aber nur 0,0237 gr im Liter, ein nichts destoweniger für Fluss- (nicht Geisir-) wasser hoher Gehalt.

Aber nicht alle auf den ersten Blick vollkommen scheinende Analogien sind zutreffend.

In den 50er Jahren geriet in Paris ein Stückchen Holz und eine *Helix pomatia* in eine Lösung von käuflichem Wasserglas. Das nur durch eine Glasplatte geschlossene Gefäss blieb uneröffnet bis 1881. Man fand u. a. Gaylussitkrystalle darin; organische Kohlensäure hatte also das Wasserglas zerlegt und mit dem Calciumcarbonat der Helixschale dieses Mineral gebildet.

Aus Gaylussit, der auch zu der Classe der Derivate von Mutteraugensalzen gehört, ging nun in Nevada der Thinolith, eine besondere Art von Kalkmineral, hervor, welcher an den Ufern des Pyramidelake, in der Carsonsteppe und am Truckeehügelzug in der Salzwüste angetroffen wird. CL. KING beschreibt die mannigfaltigen Gestalten, unter ihnen täuschend pilzähnliche, sehr ausführlich, fügt Abbildungen

Wahrheit in sich, welcher freilich nicht immer an der geahnten Stelle, hier aber doch möglicherweise im Centrum liegt.

So existirt auch eine ganz bestimmte Beziehung zwischen Salzlagern und Mineralquellen, wenn auch nicht gerade die bisher vom Volk angenommene, nach welcher Mineral- bzw. Salzquellen immer nur durch Auslaugungen von primär gebildeten Salzflötzen entstehen.

Möge das über den immerhin noch zweifelhaften Zusammenhang zwischen den Chalcedonen und den Nitraten Atacamas gesagte nicht den Einwand veranlassen, dass derjenige, der zu viel beweisen will, meistens gar nichts beweist. Unerwähnt durfte die Eigentümlichkeit keinesfalls bleiben.

¹ TH. HÜBNER, Will Jahresb. 1873, 242.

² Ann. Chim. Phys. 51, 107.

³ C. r. 1874.

bei,¹ beweist die Ableitung von Gaylussit und gibt sechs Analysen an, aus denen folgendes das Mittel ist: Kalk 49,353 %; Magnesia 3,298; Kali 0,698; Thonerde 1,337; Kohlensäure 40,248; Kieselsäure und Sand 4,117; Wasser 0,868.

Der Hauptbestandteil ist 85—90 % Calciumcarbonat.

Die Formen des Thinoliths von der Insel Anahó im Pyramidelacke besitzen eine so frappante Aehnlichkeit mit flachhütigen Pilzen, dass Cl. KING (S. 516) sagt, ein kompetenter (?) Botaniker, dem sie vorgelegt wurden, hätte sie für nichts anderes als petrificirte Schwämme halten wollen.

Die hauptsächlichsten Repräsentanten der in Nevada in enormen Massen in den Seen und Wüsten vorhandenen Mutterlaugensalze, aus denen Gaylussit und Thinolith hervorgingen, sind neben Chlor-natrium Natriumsulfat und Natriumborat, sowie das aus ihnen durch vulkanische Kohlensäure entsprungene Natriumcarbonat.

Ganz ähnliche Gebilde liegen nun in der calichera Florencia von Aguas Blancas. Auch hier finden sich pilzähnliche Gestalten von grauem Kalk, wie in Nevada; nur besitzen sie einen eher konischen oder glockenförmigen als flachen Hut, dessen unterer Durchmesser an 15 cm erreicht, dessen Oberfläche leichte radiale, zuweilen stark wellenförmig gebogene Rinnen zeigt, die sich in der centralen Partie verästeln und dessen unterer Teil des Stammes entbehrt, so dass sie also ebensosehr an Quallen, als an Pilzhüte (ohne Stamm) erinnern.

So frappant die Aehnlichkeit der Gestalten, so naheliegend auch die Aehnlichkeit der übrigen Verhältnisse erschien, musste doch jeder Zusammenhang schwinden vor der Thatsache, dass sich die Gebilde als Stücke gewöhnlichen Jurakalksteins erwiesen, welche auf irgend eine Art (vielleicht durch feilende Action des bewegten Quarzsandes der Umgebung) so geformt worden waren.

Derartige Pilzgestalten beobachtete J. F. DUTHIE ebenfalls beim Gangotri-Gletscher am Himalaya an Eisbildungen mit entschieden trichterförmigem Hut. (Nature, 1882.) Solche können also auf verschiedenste Weise entstehen.

¹ 40th. Parallel I, 508 ff.

Physikalische und meteorologische Verhältnisse der Salpeter- gegenden von Atacama und Tarapacá.

Diese haben natürlicherweise einen grossen Einfluss ausgeübt auf die unter ihre Herrschaft gelangten Ansammlungen salinischer Lösungen. Wir finden da u. a. folgende Umstände.

1. Depressionen mit Boden, der entweder von vornherein undurchlassend war oder durch Gips- bzw. Steinsalzniederschläge dazu gemacht wurde.

2. Flache Mulden-Ränder, so dass die Ufer stets ein feuchtes Magma bildeten, ohne aber trotz sehr energischer Verdunstung weder ganz auszutrocknen noch zeitweise überschwemmt zu werden.

Die Quantität der in einem Magma vorhandenen Feuchtigkeit ist für die Salpeterbildung von grosser Wichtigkeit. Bringt man eine gewisse Menge von Knochenmehl und Boden sehr feucht mit 600 cc Wasser zusammen, so findet kein Stickstoffverlust statt, wohl aber wenn nur 300 cc. Wasser zur Bildung des Magmas verwendet werden.¹ Ein hierauf bezügliches Factum ist auch an den Rändern der ungarischen Salzteiche leicht zu beobachten.

Die dortigen südamericanischen Gegenden sind zwar regenlos und besitzen kein Wasser auf der Erdoberfläche; in grösserer oder geringerer Tiefe ist aber solches vorhanden, wenn auch meist salzig. Es kommt von den Höhen, wo es sich aus den schweren Nebeln oder den Wolken condensirt, ohne dass es droben zu einem eigentlichen Niederschlage kommt. Die Schneegränze liegt deshalb auch in Atacama in der grossen Höhe von 4500 m. Die namentlich im Norden weiter landeinwärts stattfindenden Condensationen liefern aber nicht unbeträchtliche Feuchtigkeit.

Wassermengen existiren also, aber nicht in Rinnsalen auf der Oberfläche des Gebiets zwischen der Küstencordillere und den Anden. Eigentliche Regen finden nur in den weiter östlich gelegenen hohen Cordilleren statt. Ähnliche Verhältnisse sind auch von Süd-Utah bekannt. Dort erhalten die Hochebenen, die mit einer Erhebung bis zu 3700 m in die Wolken ragen, 0,76 m Regen, während die Tief-ebenen nur 0,1—0,2 m bekommen.² Die ganze Provinz Tarapacá ist sehr wasserarm zu nennen. Es existiren nur zwei Flösschen, der

¹ J. KÖNIG, Kreislauf des Stickstoffs, S. 15; erw. Chem., Ber. 1882, 555.

² C. E. DUTTON, Am. J. Sc., July 1880, S. 55.

Rio de Camarones und der Rio de Pisagua. Beide kommen von den Anden und gelangen bis zum Meere, letzterer verliert jedoch seine Wasser bei Quimpasa, um erst 4 Meilen westlich wieder hervorzutreten, und weiterhin ist sein Bett auch fast eine weitere Meile abermals unterirdisch.

Mehrere andere kleine Flüsse oder Bäche, die ebenfalls in den Anden entspringen, erreichen nicht das Meer, ja oft nicht einmal die Pampa del Tamarugal. Sie versiegen entweder nach kurzem Laufe im Gebirge selbst, oder verlieren sich beim Eintritt in die Pampa, wo sie nur in der Tiefe wieder anzutreffen sind.

Unter den Salzen der Ebene ist an vielen Stellen fruchtbarer Boden, der Pflanzen gedeihen lässt, und zuweilen findet sich auch in geringer Tiefe trinkbares Wasser im festen Untergrunde. Die Ursache dieser constanten Bodenfeuchtigkeit liegt nicht in den meteorologischen Verhältnissen der Gegend; es ist Sickerwasser von den Anden her, das sich an manchen Stellen 1—3 m unter der Oberfläche sammelt.

Auch die Winterwasser der bolivianischen Pampa de la Chacarilla (an 24 Quadratmeilen gross) verlieren sich höchst wahrscheinlich in der Pampa del Tamarugal.

Ganz ähnlich sind die Verhältnisse in Atacama. Die Wasser, die sich bei Cachinal vereinigen, müssen aus grossen Entfernungen unterirdisch anlangen, und von Cachinal nach Cachiyuyal bewegen sich ebenfalls unterirdisch nicht unbedeutende Wassermengen.

Wenn der Schnee auf den Hochgebirgen schmilzt, erhalten die Salzmulden einen reichlichen Zufluss durch diese Sickerwasser, aber die ausserordentlich grosse Verdampfung stellt schnell das Gleichgewicht wieder her.

Die Feuchtigkeit dringt bei dem meist undurchlassenden Untergrund der Mulden wahrscheinlich weniger von unten her in dieselben, als von den Seiten und durch Anziehung von der Oberfläche. Die sehr hygroskopischen Salze Chlorcalcium und Chlormagnesium halten die tiefere Horizonte gewiss immer feucht.

3. Dazu treten heisse Tage, fast gleich warm in jeder Höhe bis zu 2000 m, und verhältnissmässig kühle Nächte mit erweiterten Differenzen zwischen Tages- und Nachttemperatur für grössere Distanzen von der Küste.

Paposo in Atacama hat z. B. 3°, Rio frio 25°,5 C Unterschied; in Bolivia und Perú herrscht eine noch höhere Temperatur als in

Atacama. In Huantajaya nahe der Küste und bei Iquique, 1006 m hoch, hat man

im Winter	im Sommer	
11,6	22,7	um 8 Uhr Morgens
17,7	24,4	um Mittag
13,8	17,7	um 8 Uhr Abends.

HUGO RECK beobachtete in dem von der Sonne beschienenen Sande an der Westseite der Pampa Aullaga am 4. November 1860 um 2 Uhr NM $61^{\circ},25^{\circ}\text{C}$.

Eine aussergewöhnliche Wärmeerhöhung während der Nitri-
fication scheint nicht stattgefunden zu haben; das geht aus dem
Zusammenvorkommen von Chlorkalium und Natriumnitrat hervor,
denn diese beiden Salze setzen sich bei höherer Temperatur ihrer
Lösung um in Kalisalpeter und Kochsalz. Nur selten ist der Natron-
salpeter frei von Kaliumchlorid, oft aber sehr reich daran, z. B. der
von der Laguna in Tarapacá enthält in einigen Sorten:

Kaliumchlorid	34,00
Natriumchlorid	25,70
Natriumnitrat	18,00
Natriumsulfat	4,50
Magnesiumsulfat	8,60
Wasser	4,70
Unlösliches	4,50

Eine Temperaturerhöhung durch andere Wirkungen als die des
Sonnenlichtes ist also ausgeschlossen.

Diese muss aber stellenweise mindestens 33° erreicht und auch
lange genug conservirt haben, denn eine solche ist erforderlich, um
das Natriumsulfat als Thenardit wasserfrei aus einer Lösung aus-
krystallisiren zu lassen.

In Folge der grossen Temperaturdifferenzen zwischen Tag und
Nachtzeit stellen sich sehr häufige starke Nacht- und Morgen-
nebel ein, die in Tarapacá unter dem Namen „camanchacas“ bekannt sind
und nicht selten tagelang anhalten.

THIERCELIN bezeichnet das Auftreten der Nachtnebel dort als
regelmässig und VILLANUEVA erwähnt die häufigen starken Thau-
niederschläge in Atacama. Zwischen Miguel-Diaz und Pan de azúcar
in Atacama lagern dichte Nebel auf der Küstencordillere während
9 Monaten im Jahre (PHILIPPI).

Nördlich des 30. Breitengrades ist in der Küstenregion Chiles
die Sonne wegen Nebels sehr selten vor Mittag sichtbar, oft sieht

man sie gar nicht für 10 oder mehr Tage.¹ Die Verdunstung ist eine rapide zu nennen und sehr bezeichnend sagt FONSECA über dieselbe an der Laguna de Maricunga folgendes:

„Am 21. October war der See in seinem grössten Teile mit 5—6 cm Wasserhöhe bedeckt; am 24. konnte man ihn an den meisten Stellen trockenen Fusses passiren, so dass innerhalb dreier Tage nicht allein das vorhandene salzige Wasser verdunstete, sondern auch das der Zuflüsse, die wohl über 300 Liter in der Secunde betrugen.“

4. Ungehinderter Zutritt von atmosphärischer Luft. Der Mangel an jeglicher Vegetation bedingt diesen durch Ausschluss von Beschattung, Humus-Bildung etc., und hierzu gesellt sich noch der öftere Wechsel durch lebhaftes Luftströmungen.

Die herrschenden Winde gehören dem westlichen Quadranten an und sind meist sehr heftig.

BURMEISTER hatte zwischen Catamarca und Copiapó von Weststürmen zu leiden.²

W. K. sagt³: „Stürme fast stets herrschend, im Winter Orkane. Sandwehen stäuben in dichten Wolken die leichten Teile auf, und man hat die Bahn von Iquique nach la Noria dagegen an einzelnen Stellen durch Anpflanzungen von Algarobosträuchern geschützt, die, nachdem sie mit Hilfe von künstlicher Bewässerung Wurzel gefasst haben, nun auf die atmosphärische Feuchtigkeit allein angewiesen, sich gezwungen wohl fühlen.“ Wie aber vorhin angegeben, fehlt terrestrische Feuchtigkeit doch nicht ganz.

LANGBEIN⁴ äussert sich über die Winde in Atacama den herrschenden Verhältnissen gemäss, indem er sagt: „Die Lager von Salar del Carmen zeigen den caliche auf Porphyr aufliegend, nur von einer dünnen Schicht losen Sandes bedeckt, der höchst wahrscheinlich durch die fast ausnahmslos sehr starken Südwestwinde aufgeweht wurde.“

Zwischen den Winden, deren Richtungen in den tieferen Regionen der Atmosphäre an den dortigen Küsten locale und periodische Veränderungen erleidet, dem aufgewirbelten Staub und den Nebeln scheint ein Zusammenhang stattzufinden.

J. AITKEN⁵ hat nämlich gezeigt, dass Wasserdampf sich nicht

¹ P. L. CUADRA, Geografía física de Chile, p. 85.

² Peterm. Mitth. 1860, 369 ff.

³ Berg-Httm. Zeit. 1876, 15.

⁴ Dinkl. P. J. 1879, 453.

⁵ Proc. Roy. Soc. Edinb. 1880, Decbr.

condensirt, wenn nicht ein fester oder flüssiger Körper vorhanden ist, auf den er sich niederschlägt. Staubteilchen in der Luft bilden die „nuclei“ für die Nebel und Wolkenteilchen. Dies lässt sich in der Weise demonstrieren, dass wenn man Dampf in filtrirte Luft bläst, sich nicht die geringste Wolkenbildung entdecken lässt, während in nicht filtrirter Luft Trübung eintritt, wobei die Dichte des entstandenen Nebels von der Zahl der Staubteilchen in der Luft abhängt, wie sich experimentell beweisen lässt.

Die Menge des Staubes in der Luft ist grösser, als man auf den ersten Blick vermuten sollte. So fand G. TISSANDIER,¹ dass 1 ccm Luft enthielt in Paris nach starkem Regen 0,0060 gr. Staub, nach 8 Tagen trockenen Wetters 0,0230 gr., unter normalen Umständen 0,0072 gr. Auf dem Lande fanden sich unter normalen Umständen 0,00025, nach langer Dürre 0,00375 gr. Staub.

Eine Correlation zwischen Winden, Staub und Nebel würde also hier mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen sein, wenn sich auch die Frage aufwerfen lässt, welche „nuclei“ über dem offenen Ocean die Nebel- und Wolkenbildung veranlassen.

Eine Beziehung zwischen Winden und Nebeln findet jedenfalls statt und zwar folgende:

Sobald die Anden nicht mehr von der Sonne beschienen werden, beginnt sich eine Luftströmung thalabwärts zu bewegen, gelangt zur Küste als Landbrise und tritt bald nach Sonnenaufgang mit den herrschenden Süd- oder Nordwestwinden, welche, vom Meere kommend, warm und feucht sind, in Berührung, so dass als natürliche Folge Nebelbildung erfolgen muss. Wo die Küstencordillere hoch und steil genug ist, um eine Luftbewegung, ähnlich der in den Anden vorkommenden hervorzurufen, z. B. in Atacama, werden auf solche Weise die Nebel fast permanent.

5. Das physikalische Verhalten der einzelnen Salze bei dem unter stetem Kommen und Gehen nur langsam abnehmenden Feuchtigkeitsgehalt ist eine allmälige Concentration und mehr oder minder vollkommene räumliche Trennung derselben.

Wie in den Salzlachen der argentinischen Republik beim Beginn des Winters mit allmäliger Austrocknung des Bodens die Sulfate sich an der Peripherie der Mulden concentriren, das Chlornatrium sich dagegen in der Mitte ansammelt und feste Bänke von so grosser Reinheit absetzt, dass es gewonnen und als Speisesalz in den Städten

¹ Biederm. Centr. 10, 131.

verbraucht wird,¹ so wird Chlornatrium als schwerlöslicher Teil auch hier im Centrum vorherrschend werden; aber feste Bänke kann es nur ausnahmsweise bilden, weil der Niederschlag langsam und mit steten Unterbrechungen bzw. Rückschritten vor sich geht. Das Natriumcarbonat hingegen wird vorzugsweise die Randpartien einnehmen und auch dort in porösen feuchten Massen auftreten.

In der Masse dabei die Umwandlung desselben in Nitrat stattfindet, wird der Kochsalzgehalt verdrängt, weil in 100 Teilen Wasser sich nur 25,22 Kochsalz neben 52,89 Natronsalpeter lösen; jenes muss daher nach der Mitte gehen, sobald die besagte Proportion überschritten wird.

Sehr bezeichnend für diesen Vorgang ist die Stelle im Berichte von H. GRUNER,² wo er sagt: „So fand C. H. in 1200 m Höhe an den Rändern eines Thales, das augenscheinlich vordem geschlossen und mit einem See bedeckt war, caliche mit einem Gehalt von etwa 4 % Natriumnitrat“. Der geschlossene See lies eben Nitratbildung nur an seinen Rändern aufkommen, und nachdem dieselbe da stattgefunden, hörte bei weiterem Sinken des Wasserspiegels oder Entleerung des Beckens solche ganz auf.

Während des langsamen Eintrocknens der Lagunen werden Pflanzenreste, Sand und Grand, auch einzelne scharfkantige Gesteinsstücke von Stürmen eingeweht; manches davon schwimmt auf der specifisch schweren Flüssigkeit, das in reinem Wasser sofort untersinken würde, und die wenigen vegetabilischen Trümmer werden an's Ufer geschwemmt und dort eingebettet, falls sie sich nicht unter Production von Kohlenwasserstoffen zersetzten. Was dagegen das Vorkommen der Sandpartien und der scharfkantigen Gesteinsfragmente, Gerölle etc. im Liegenden, Innern und Hangenden der Salpeterschichten betrifft, so muss bemerkt werden, dass dieser Sand und Grand durchaus nicht von Absätzen aus Wasser abgeleitet werden muss.

G. ROLLAND³ sagt beim Eingange seiner Schilderung der Saharadünen sehr richtig, dass, wenn die Vogesen mit ihren fast durchweg sandigthonigen Gesteinsbildungen unter einem nordafrikanischen Klima lägen, man sie sehr bald zu Dünensand reducirt sehen würde. Ähnliche Verhältnisse liegen in Tarapacá und Atacama vor,

¹ RICHARD NAPP, Argent. Republik, Buenos Aires, S. 85.

² Erwähnt im Jahrb. Mineral. 1884, I., Heft 2.

³ C. r. XCII, 968.

und somit ist das Vorkommen von Detritus in allen dortigen Schichten jüngern Alters sehr erklärlich. (S. Anhang, Note 3.)

Daraus ergibt sich auch der Umstand, dass die peripherischen Teile der *costra* d. i. des hangenden Conglomerates der *calichales* stärker sind, als die centralen. Nicht alle Gesteinsbrocken der Flanken konnten nämlich den Weg thalabwärts bis auf die Sohle verfolgen, weil sie zum grössten Teil im Schlamm oder der halb-consistenten Salzmenge am Rande stecken blieben. Viele von ihnen sind aber auch erst nach der Zeit des Absatzes eingebracht und haben später ihren Weg in's Innere gefunden. Es geschieht dieses auf eine leicht verständliche Weise.

Zahlreiche Salz- und Salpeterfelder bieten nämlich dem Beobachter eine Oberfläche dar, die durch Risse in Polygone geteilt ist, deren Centralpartie höher ist als die peripherische. Je nach dem Grade der herrschenden Trockenheit erweitern sich diese Risse oder Spalten und geben so den vom heftigen Winde herbeigewehten Gegenständen Gelegenheit, bis in beträchtliche Tiefen einzudringen.

Eine Periode grösserer Feuchtigkeit der Atmosphäre oder des Bodens lässt dann häufig die Klüfte und Risse sich wieder auf Kosten der nächst benachbarten Teile schliessen, wodurch diese niedriger werden als die Centralpartie.

Später entstehen andere Risse, nach und nach vermehrt sich die Menge der Einschlüsse und diese sind es, die den Schichten beim spätern Durchsinken von Schächten etc. ein so unruhiges Ansehen der Ablagerung erteilen. Die von Beobachtern als offen oder halboffen bezeichneten polygonartig sich kreuzenden Risse beweisen die Wiederholung des Vorganges; denn hätte dieser nur einmal kurz nach dem Starrwerden der Salzmassen stattgefunden, so müssten alle Spalten längst ausgefüllt und dadurch viel weniger kenntlich (und dem Fortkommen von Menschen und Tieren weniger hinderlich) sein, als es in Wahrheit der Fall ist; so aber findet jeder Reisende in trockenen Jahren oder Monaten dasselbe Bild, was nur bei steter Erneuerung desselben möglich ist. Man könnte dieses Eindringen der Gesteinsstücke mit dem Einsinken der Gerölle auf den Gletscheroberflächen, das allerdings durch eine andere Ursache bewirkt wird, vergleichen. Kurz, es finden alle die bekannten Erscheinungen statt, die man bei solchen Vorgängen beobachtet.

Fasst man nun die unmittelbar hier vorhergehend angeführten fünf Punkte näher in's Auge, so ergeben sie sich als vollkommen

identisch mit fünf Bedingungen für die Bildung von Salpeter, nämlich:

Undurchlassender Untergrund, Feuchtigkeit, welche die Salpeter bildenden Stoffe gleichmässig durchdringt, aber keineswegs überschwemmt, subtropische bzw. tropische Temperatur, ungehinderter Zutritt von atmosphärischer Luft, und Gegenwart von starken Basen — hier Natriumcarbonat in feuchtem Magma an den Rändern —, nur eine der bekannten sechs für Salpeterbildung notwendigen Conditionen muss noch erwiesen werden d. i. die Gegenwart faulender organischer Stoffe als Erzeuger von Ammoniak, das sich unter dort herrschenden Verhältnissen zu salpetriger und Salpetersäure oxydirt.

RAIMONDI (S. 9 ff.) bezeichnet eine Periode, die von ihm als der Kreidezeit angehörig, von andern als tertiäre betrachtet wird, als eine solche, in welcher eine allgemeine und sehr intensive Oxydation an der südamerikanischen Westküste stattgefunden hat, und leitet auch hiervon das massenhafte Auftreten von Metall-oxyderzen, den sogenannten „pacos und metales colorados“ in den obern Teufen der Gänge ab, indem er zugleich stattgefundene Vulkanausbrüche mit Trachyterruptionen in dieselbe Epoche verlegt.

Wenn nun auch nicht bewiesen werden kann, dass die Salpeterlager älter als die Tertiärformation sind, (eher dürfte sich wohl eine Zugehörigkeit zum Quartären beweisen lassen) so ist die Annahme eines gewissen Zeitraums, in dem oxydirende Wirkungen vorzugsweise eintraten, immerhin sehr bemerkenswert, weil daraus auf eine, wenn auch verminderte, immerhin noch hinreichend energische gleichartige Thätigkeit während der wohl später erfolgten Bildung des Salpeters geschlossen werden darf.

Das Auftreten von Jod als Jodsäure in kalihaltigem und als Überjodsäure in kalifreiem Natronsalpeter steht mit diesen allgemeinen Oxydationsprocessen in Verbindung. Wenn eine Lösung von Jodkalium mit einer so geringen Quantität Salpetersäure versetzt wird, dass in schwachem diffusen Licht keine Farbenänderung eintritt, so bewirkt der Einfluss von hellem Licht durch Ausscheidung von Jod eine gelbliche Färbung.

Höhere Temperatur beeinflusst diese Reaction sehr wenig, und alte Lösungen sind empfindlicher als frische.

Schwache Säuren machen Jod aus seinen Verbindungen frei,

im Schatten aber erst nach langer Zeit, in hellem Sonnenlichte dagegen viel rascher.¹

An der südamerikanischen Westküste wurde also in den Lösungen der Salze Jod frei und musste bei der allgemein herrschenden durch intensives Licht begünstigten Oxydation Jodsäure und Überjodsäure bilden. Die Jodsäure als kräftig oxydirende Substanz schied Kalium aus seinen Verbindungen ab und verband sich mit ihm, während die beständigere Überjodsäure aus Natroncarbonat überjodsaures Natron bildete. War kein Kalium vorhanden, so trat anscheinend eine directe Bildung von Überjodsäure ein, die sich mit dem Natron verband. Der fehlende Kaligehalt bedingt im Natronsalpeter keine Verminderung des Jodgehaltes; es finden sich einzelne ganz kalifreie Sorten mit beträchtlichen Jodmengen.

Meist wird der Jodgehalt des Meerwassers als Jodkalium oder Jodnatrium angeführt; SONSTEDT² gibt allerdings an, dass Seewasser Calciumjodat enthalte und dass sich freies Jod im Seewasser bei Gegenwart von faulenden Substanzen nachweisen lasse; aber bei den Nitrificationsvorgängen in Tarapacá und Atacama waren doch faulende Organismen zugegen; bis jetzt ist aber trotzdem noch kein freies Jod im caliche angetroffen worden. Naturgemäss tritt der Jodgehalt des caliche vorzugsweise in den Mutterlaugen der Siedereien hervor.

Nach G. LANGBEIN³ sind in 1 L Mutterlauge 2,3 gr (Oficina San Antonio) bis 4,8 gr (Oficina La Noria) Jod enthalten und zum Teil als Jodnatrium. Ob diese letzte Verbindung aber a priori im caliche vorhanden war oder sich erst bei den Siedeprocessen gebildet hat, ist noch nicht bestimmt.

Hiernach dürfte die vorhin erwähnte Behauptung RAIMONDI's Berechtigung haben und ist deshalb auch eine Nitrit- und Nitratbildung aus faulenden Organismen, besonders tierischen Excrementen, sehr leicht erklärlich.

Solche fanden und finden sich nun in genügender Menge in den Salpetergegenden und zwar in Form von

¹ R. ANGUS SMITH in Nature, May 1880, p. 70.

² Chem. News, 25.

³ Dingl. Pol. J. 205, 75.

Guano.

Man hat schon früher hin und wieder dem Guano die Rolle des Ammoniak- und Salpetersäurebilders zuerteilt; aber diesem Glauben wurden immer die Umstände entgegengehalten, dass sich bedeutende Guanolager nur an der Küste in grosser Entfernung und tief unter dem Niveau von den Salpeterschichten befänden, dass keine eigentlichen Guano-Depots bis jetzt in Atacama oder Tarapacá aufgefunden worden seien und dass, wenn Guano die Nitrification in jenen Gegenden bewirkt habe, man auch die in ihm ursprünglich enthaltenen Phosphate im Natronsalpeter finden müsse, dass jedoch bis jetzt keine Phosphorsäure darin entdeckt worden wäre.

Untersucht man diese beiden Gegenargumente, von denen eines physikalischer, das andere chemischer Natur ist, näher, so sieht man sogleich, dass sich beide sofort total heben, wenn man aus den verschiedenen Beschreibungen des Guanovorkommens in der Wüste und aus den Bestandteilen desselben die richtige und einzig mögliche Ursache erkennt, d. i. die subaërische Transportation des Küstenguanos durch die herrschenden Westwinde nach Osten über die Küstencordillere hinaus und bis an den Fuss der Anden.

Was das physikalische oder besser gesagt atmosphärische bezw. meteorologische Argument betrifft, so ist die Richtung der Winde festgestellt; es sind westliche, welche nur auf dem Lande selbst zwischen den Anden und der Küstencordillere in scheinbare Nord- und Südwinde durch die Lage dieser beiden Gebirge verwandelt werden; in der Nähe der Küste behalten sie ihre ursprüngliche Richtung bei. Ebenso steht fest, dass sie oft stürmisch, ja orkanartig sind, und dass sie Staub und Salztheile weithin mit fortreissen, ja sogar grössere Gesteinsstücke auf kurze Distanzen zu bewegen vermögen. Näheres hierüber findet sich bei A. HETTNER,¹ der die Verhältnisse eingehend beschreibt und erläutert.

Hierbei werden die localen Luftströmungen der See- und Landbrisen noch das ihrige zum Aufwirbeln des Guanostaubes beigetragen haben.

Diese Brisen erreichen nur eine verhältnissmässig geringe Höhe, wie die Beobachtungen in Coney Island in einem gefesselten Ballon der Americanischen Luftschiffer-Gesellschaft durch Capt. NEWGATE²

¹ Das Klima von Chile und Westpatagonien, Bonn 1881.

² Zs. Meteorol. 1880, S. 449.

zeigen; auch in Chile bietet sich zuweilen Gelegenheit, selbst bei unbedecktem Himmel das Vorhandensein von divergirenden Richtungen der obern Luftschichten zu sehen.

Man bemerkt z. B. dass Rauchsäulen, welche von grossen Bränden herrühren und zur Zeit des Ueberganges der Landbrisen in die Seebrisen oder umgekehrt senkrecht und sehr hoch aufsteigen, in den obern Regionen die Richtung nach Nordost oder Südost einschlagen und beibehalten.

Wer je die Cinchas-Inseln leewärts auf einem Dampfer passirt hat, während Schiffe dort Guano luden, kennt die Wirkungen des Guanostaubes in der Luft schon auf grosse Entfernungen hin, und wer einen Ritt in die Guaneras von Mejillones gemacht hat, dem wird die düstere braune Färbung aller Kuppen aufgefallen sein. Guanostaub bedeckt und überzieht dort meilenweit die der Luft ausgesetzten Oberflächen der Gesteinstrümmer, die die Gipfel und Abhänge der Hügel bilden. Die Chilenen, welche ihre Toten in eine braune Mönchskutte (mortaja) einzuhüllen pflegen, bezeichnen den traurigen Eindruck ganz treffend mit dem Aussehen eines vom Himmel über jene Gegenden gebreiteten Leichenkleides.

Dieser erste Absatz von Guano wird wohl noch Phosphate enthalten, ähnlich wie die „tierra salitrosa“ von der Tarapacáküste; die feineren Teile aber, die sich schwebend erhalten und die Region der obern nach Osten strömenden Luftschichten erreichen, können nur sehr wenig Phosphate bergen.

Nun beträgt aber die Distanz von der Küste Atacamas nach der Laguna Maricunga, dem bis jetzt bekannten entlegensten Fundorte von caliche, in gerader Linie kaum 25 Meilen, und dies ist eine sehr geringe Entfernung gegen die, welche der Wind aus der Sahara bis in die Alpen zurücklegt und dabei Staub aus dieser Wüste, bestehend aus Quarz, Alabaster und Mergel mit Spuren von Salz, dort fallen lässt bei einem Wege, der nahezu das zehnfache von 25 Meilen beträgt.

Die Südwinde, welche die Alpen überwehen, bringen in der That öfters nachweislich Staub aus der Sahara mit, wie die Staubfälle zeigen, die zuweilen Stürme aus dieser Richtung begleiten, wie z. B. der vom 25. Februar 1879.¹

Die Sand- und Staubfälle aus der Sahara reichen im atlantischen Ocean bis zu 38° 30' W; wo also die Entfernung bis zur nächsten

¹ J. HANN, Zs. d. u. östr. Alpenv. 1879, 175.

Festlandküste d. i. bei Cabo verde an 300 Meilen beträgt. Die meisten Staubfälle fallen in die Zone zwischen 9 und 16° N. Br. und oft werden mehrere gleichzeitig beobachtet z. B. 1859 am 24. und 25. Januar in einer Erstreckung von 150 Meilen.

Zuweilen dauern sie an zehn Tage, wie am 10. bis 19. April 1859 beobachtet wurde. Dabei kommen die häufigsten Winde aus dem östlichen Quadranten, so dass also der Nordostpassat der Staubträger ist und solchen entweder selbst aus Africa herbeiführt oder ihn durch Landwinde von der Seite her erhält.

Dabei ist der am meisten westlich fallende Staub feiner, als der östliche. Die meteorologischen Stationen der algier'schen Sahara, Tuggurt, Laghouat und Wargla verzeichnen an 30 Tagen unter hundert: „Scirocco“, „die Luft mit Staub erfüllt“ oder dergleichen.¹ Ueber die Herkunft des Staubes herrscht also kein Zweifel mehr.

In Sicilien und Italien enthält der Saharastaub noch kugelige Partikel von Nickeleisen.² Es werden also auch Substanzen von grösserm specifischen Gewicht aus der Wüste mit fortgeführt, wenn sie sehr fein verteilt sind; sie fallen aber früher nieder, als die leichtern von gleichem Korn. Da nun die Phosphate in knollenförmigen nicht staubartigen Massen ganz wie die sog. Lössmännchen oder Erdkindchen im Löss auftreten, ist dadurch ein weiteres Hinderniss für ihre Verbreitung in die Ferne gegeben. Überhaupt sind die Verhältnisse der subaërischen Transportation in noch höherm Grade massgebend für Atacama und Tarapacá, als für die Alpen.

Die Anden bilden eine weit höhere und wirksamere Barrière für dergleichen Luftströmungen als die europäischen Gebirgszüge, und es ist klar, dass diese Strömungen den mitgeführten Staub teilweise fallen lassen, sobald sie über die Küstencordillere, die hier ähnlich wie die Alpen wirkt, hinaus sind, und den Rest, ehe sie die gigantische Andenkette, an der sich die untern Luftschichten brechen, überschreiten.

Vulkanische Asche, die bei Eruptionen so hoch steigt, dass sie in Regionen gelangt, in denen besondere Luftströmungen herrschen, wird durch diese oft auf sehr grosse Entfernungen transportirt, wie z. B. die vom Cosiguina in Centralamerika im Januar 1835 bis nach Jamaika gelangte und die (wenn auch noch nicht allgemein anerkannte) vom Krakatoa 1885 noch weit über solche Grenzen

¹ Zs. Meteorol., Juli 1881, 302.

² FACCHINI, C. r. 1880.

hinaus; aber derartige Fälle gehören nicht hierher; näher stehen schon Dünenbewegungen und Sandwehen der Wüsten. (Siehe Anhang, Note 4.)

Da man die Maricunga-Lagune als Beweis für vulkanischen Zusammenhang zwischen der Salpeterbildung, dem Vorkommen von Boraten etc. angeführt hat und ihre grosse Entfernung von der Küste mit ihrer Höhe betont, um der Meinung entgegenzutreten, dass Guano in enger Beziehung zu den Nitraten stehe, so scheint es angemessen, gerade an dieser Gegend das nötige zu zeigen; denn dieses gilt für alle tiefer oder dem Meere näher gelegenen Teile um so mehr.

Gerade so wie die Mutterlaugen in Vertiefungen jeder Art und Umgebung, sei diese plutonisch, vulkanisch oder sedimentär, einlaufen können, so kann auch der Guano jede Depression erreichen, und wird sich da in grösserer Quantität, in stärkern Staubschichten niederschlagen, wenn locale Verhältnisse z. B. Schlundbildungen ein Brechen des Windes verursachen.

Die absolute Höhe der Maricunga-Lagune (3800 m) ist allerdings gross, aber doch nicht unerreichbar für Staubstürme, und aus dem Berichte von FONSECA erscheint es unzweifelhaft, dass der Vulkan Toro ein System von Salpeterfeldern erst nachträglich durchbrochen und gehoben hat. Östlich und westlich von ihm finden sich solche, und die Aufrichtung der Ostsichten beweist es. FONSECA bezeugt aber zu gleicher Zeit die Natur des Salpeters als eine entschieden neptunische. Und so muss man wohl annehmen, dass die Salpeterbildung ursprünglich in einer Depression vor sich ging, die eine dem allgemeinen Character des Landes entsprechende Höhe einnahm, dass aber das Durchbrechen des Vulkans die ganze Gegend um ein bedeutendes hob und dabei umgestaltete.

Da auch am östlichen Rande der Pampa Tamarugal, 10 Meilen von der Küste, Nitratlager vorkommen (die nur der grossen Entfernung von der Küste halber nicht ausgebeutet werden), so ist die Distance von 25 Meilen bis zur Maricunga-Lagune, wenn auch für dortige Verhältnisse beträchtlich, doch keineswegs abnorm für die Guanoverbreitung zu nennen.

Nun könnte noch eine Frage aufgeworfen werden, nämlich die: Wenn die Calichebildung des Toro von eingewehtem Guano herrührt, warum finden sich nicht in ähnlichen Salzmulden in gleicher Höhe und gleicher Entfernung von der Küste auch Salpeterlager?

Obschon diese Frage eigentlich erst nach der vollständigen

Beweisführung der subaërischen Wanderung des Gnanos zu beantworten wäre, möge sie doch hier als in den Kreis der Verhältnisse der Maricunga-Lagune gehörig erörtert werden.

Die Gründe hiervon sind leicht anzugeben. Bei der Configuration des Geländes zwischen den Anden und der Küstencordillere haben die Mutterlaugen im allgemeinen die absolut tiefern Stellen, also meist die der Küstencordillere zunächst liegenden Depressionen eingenommen, aber an einzelnen Punkten (Pedernal, Maricunga) blieben sie auch in höher gelegenen Kesseln zurück. Waren nun die Temperaturverhältnisse in jenen Höhen z. B. über 2000 m einer Nitrification nicht mehr günstig, so erfolgte keine Salpeterbildung. Bei dieser Höhe erleidet nämlich in Atacama die mittlere Temperatur eine plötzliche Verringerung, wie aus folgenden Angaben von PHILIPPI erhellt.

Meereshöhe.	Mittlere Jahreswärme.	Maximum.
0 bis 1970 m	16,7—18 °	20,9—27,7
2500 „	9,6	23,5
3000 „	2,5	21
3450 „	4,5	21.

Temperaturen unter 0 heben bekanntlich jede Salpeterbildung auf, und die kommen schon bei 3000 m Seehöhe häufig vor.

Will man also nicht annehmen, dass ein beträchtlicher Teil der Höhe von 3800 m, die der Maricungasee einnimmt, durch spätere Hebung hervorgebracht sei, so liegt der Voraussetzung, dass eine locale Temperaturerhöhung durch die vulkanischen Herde während der Salpeterbildung erzeugt und erhalten worden ist, keine weitere Unwahrscheinlichkeit zu Grunde, als dass die durch die Wärmerhöhung erzeugte aufsteigende Richtung der Luftströmungen dem Niederfallen der feinen Guanoteile vielleicht hinderlich geworden wäre.

Diese jetzt hohen Lager befanden sich also entweder früher in tiefern Horizonten, deren Temperaturen einer Nitrification nicht entgegengestanden, und wurden später gehoben, oder aber der Vulkanismus erhöhte die Wärme der Umgebungen auf den entsprechenden Punkt, und dieser letztere Umstand braucht nicht bei den übrigen Lagunen stattgefunden zu haben. Ausserdem muss noch berücksichtigt werden, dass Natriumcarbonat zur Salpeterbildung gehört, und fand sich dieses nicht gleichwohl in den andern Lagunen derselben Reihe, so konnte auch in niedrigem Niveau in ihnen keine Nitratabbildung Platz greifen; der eingewehte Guano blieb einfach wirkungslos. Das Fehlen irgend einer der früher erwähnten Bedingungen für die Sal-

petrisirung beantwortet also die obige Frage vollständig. Wärme- oder Natriumcarbonatmangel wird hier der entgegenstehende Factor gewesen sein. Weiterhin ist durchaus nicht anzunehmen, dass der Guanostaub sich ganz gleichmässig über das grosse Gebiet verbreitet hat; es wird wohl eher ein strichweises Niedergehen stattgefunden haben, wobei einzelne Strecken viel, manche vielleicht gar keinen Guanostaub empfangen. Für die

Guanoverbreitung durch Winde liegen folgende Belege vor: In der Provinz Tarapacá ziehen sich unweit des Meeres Massen von harten Thonschichten hin, welche aus einem festen Gefüge von Sand, Feldspat und Phosphaten bestehen und Guano enthalten, die nach chemischer Auslaugung das Wachstum der Halmfrüchte befördern etc. Man nennt diese Massen dort *tierras salitrosas*. Hier sind noch Phosphate auf kurze Entfernungen mittransportirt worden. Dünne Guanoschichten mit Sand vermengt werden als in den Salpeterfeldern von Tarapacá vorkommend von jedem naturforschenden Reisenden und Beobachter jener Gegenden erwähnt. Man stösst auch in kürzeren Abhandlungen auf Notizen über diese Guanostreifen und LANGBEIN¹ führt sowohl kleine, in das Rohmaterial eingebettete, stark nach Ammoniak riechende Guanonester an, die zuweilen Tangstückchen enthalten, als auch Nester von Vögelguano zwischen den Alluvialschichten.

Für organische Substanz hält auch RAIMONDI die den caliche violett färbende Materie. Den bezeichnenden Worten von M. A. PRIETO über den Guano von Carmen: „stickstoffreich, staubfein, bedeckt zerstreut in unregelmässiger Weise einige Centimeter hoch den Boden; mit Federfragmenten, Insectenflügeln; in 0,6 m Tiefe Guanoschicht bei Cuevitas“ folgen die von PISSIS: „Man trifft Guano nur bei den Salpeterfeldern (von Cachinal) an. Enthält nach DOMEYKO 1,6 % Kalkphosphat. Guanostriche nicht zusammenhängend, sondern unregelmässig über den Boden zerstreut.“

Der Ingenieur A. VILLANUEVA berichtet 1878 (auszugsweise) folgendes: „Die Guanosorten von Atacama bilden zwei Classen: sehr stickstoffreiche, in denen sehr wenig Phosphate vorkommen, und welche sich im Innern finden und sehr phosphatreiche, deren Gehalt bis zu 87 und mehr Prozent an Phosphaten reicht, welche an der Küste liegen.“

In der Depression, die die Salitreras von Callejas und Barazarte enthält, befinden sich vier Guanolager. Der Guano findet sich in

¹ DINGLGR P. J. 1879, 454.

Haufen, die 5—10 m von einander entfernt sind, in der Mitte einen Kern besitzen, der in einer Spalte des caliche festliegt, um welchen sich unreiner sandiger Guano angehäuft hat. Eine Analyse ergab 10 % Stickstoff, Spuren von Thonerdephosphat etc., eine andere jedoch statt Phosphorsäure nur Eisenoxydul. Weiterhin habe ich nur Guano-spuren da gefunden, wo Salpeter vorkommt, d. h. erst in Aguas blancas. Ähnliche Lagen finden sich auf bolivianischem Territorium und in der Pampa Tamarugal.“ Treffendere Beweise für die Herkunft des Guanos dürften wohl nicht erforderlich sein.

Geht man mehr im Grossen auf die Verhältnisse ein, die an der südamericanischen Westküste obwalten, so ergibt die Reihe von folgenden Analysen Resultate, die mit dem eben gesagten in vollem Einklange stehen.

Analysen von Guano der südamericanischen Westküste.

Guañape und Macabí nach BARRAL (Journal d'Agriculture):

Wasser	30,19	28,40	28,60
Organische Substanz und			
Ammoniksalze	36,45	36,44	40,00
Phosphorsäure	13,23	15,17	13,24
Kalk, Kali und Lösliches	18,62	17,97	16,46
Unlösliches	1,51	2,02	1,70
	100,00;	100,00;	100,00;
	Stickstoff 10,01	Stickstoff 10,10	Stickstoff 11,38

Also 10—12 % Stickstoff, 12—15 % Phosphorsäure, 2—3 % Kali.

Guañape

Harnsäure	0,900	
Oxalsäure	3,810	
Phosphorsäure	12,560	
Schwefelsäure	2,000	
Kohlensäure	3,700	
Chlor	1,500	
Kalk	14,640	
Magnesia	0,400	
Kali	2,200	
Natron	1,100	
Ammoniak	9,100	
Kieselsäure	1,100	
Hygrometr. Wasser .	20,000	
Organische Substanz	26,990	
	100,000;	Stickstoff 10,29 % (RAIMONDI).

Chinchas

Harnsäure	12,000
Oxalsäure	4,464
Phosphorsäure . . .	12,100
Kohlensäure	0,600
Schwefelsäure . . .	2,060
Chlor.	2,966
Kalk	13,950
Magnesia	0,520
Kali	2,100
Natron	0,900
Ammoniak	11,100
Kieselsäure	1,900
Hygrometr. Wasser .	10,500
Organische Substanz	24,860

100,000; Stickstoff 14,47 % (RAIMONDI).

also 14,47 % Stickstoff, 12,00 % Phosphorsäure oder nachdem für Kieselsäure bezw. Sand die entsprechende Zahl eliminirt ist, weil dieser Bestandteil nur als zufällige mechanische Beimengung betrachtet werden muss — 12,23 % Phosphorsäure.

Von den Guanolagern der Provinz Tarapacá, welche im Jahre 1874 zum Teil neu aufgefunden und von der peruanischen Regierung genau untersucht wurden, hat RAIMONDI 33 officiell entnommene Proben untersucht.¹

Von den bekanntesten Punkten Punta de Lobos, Pabellon de Pica und Huanillos verzeichnet er folgende:

Punta de Lobos. (18° 45' 40" S. Br.)

Feuchtigkeit	12,30	7,20	4,50	3,20	10,20
Organische Substanz und					
Ammoniaksalze . . .	30,40	19,30	60,40	24,80	34,60
Phosphors. Kalk . . .	15,70	42,50	5,50	23,00	5,00
Phosphorsäure	9,60	6,50	12,15	4,50	13,00
Alkalische Salze . . .	11,80	20,30	6,10	30,00	29,70
Sand	6,00	2,90	2,50	6,50	1,20
Kohlensaurer Kalk etc. .	14,20	1,30	8,85	8,00	6,30

¹ Landwirthsch. Jahrbücher 1874. 3. S. 459 u. 624.

Scheidet man hier Sand und kohlensaurer Kalk etc. ab, so ergeben sich für phosphorsauren Kalk die Zahlen

19,92
44,36
6,20
26,90
5,41

Mittel 20,56 phosphorsaurer Kalk oder 9,42 Phosphorsäure, und für lösliche Phosphorsäure die Zahlen

12,20
6,79
13,82
5,26
14,10 d. h. im Mittel 9,41

also 9,42

+ 9,41

18,83 % Phosphorsäure im Guano von Punta de

Lobos.

Pabellon de Pica.

Wasser	11,00	7,50	12,50	3,70
Org. Stoffe und Ammoniaksalze .	47,50	13,00	47,50	48,10
Alkalische Salze	12,50	27,00	11,00	16,20
Lösliche Phosphorsäure	9,30	3,20	10,50	10,20
Unlöslicher phosphorsaurer Kalk .	9,80	27,20	15,00	5,50
Sand, kohlensaurer Kalk etc. . . .	9,90	22,10	3,50	16,30

Sand und kohlensaurer Kalk eliminirt, ergibt die Zahlen

10,32

4,12

10,88

12,19 für lösliche Phosphorsäure, im Mittel 9,38

und

10,87

34,99

15,45

6,57 für Kalkphosphat im Mittel 17,0

d. h. 7,79 Phosphorsäure.

Summa 17,17 % Phosphorsäure.

Huanillos.

Wasser	13,00	10,70	10,30	17,50
Org. Stoffe und Ammoniaksalze .	45,70	30,70	38,50	16,70
Alkalische Salze	16,30	11,40	18,00	5,00
Lösliche Phosphorsäure	10,50	10,00	7,48	2,25
Phosphorsaurer Kalk	7,70	10,80	10,00	48,00
Sand, kohlensaurer Kalk etc. . .	6,80	26,60	15,72	10,55

oder nachdem Sand und kohlensaurer

Kalk eliminirt, lösliche Phosphorsäure .	11,27	13,62	9,87	2,52
phosphorsaurer Kalk	8,05	14,71	11,86	53,66

Als Mittel für lösliche Phosphorsäure
ergibt sich demnach 9,32 %
und für Calciumphosphat 22,07 oder Phos-
phorsäure 10,11 %

also im Ganzen 19,43 % Phosphorsäure.

Hiernach sind im Mittel im Guano des Littorals von Tarapacá 18,48 % Phosphorsäure. Diese Ziffer wird aber noch überschritten, wenn man die sämtlichen 33 Analysen von RAIMONDI als Basis nimmt; diese ergeben als Mittel noch mehr, nämlich 18,72 % Phosphorsäure, und eine später von ihm in seinem Werk publicirte des Guano's von Chanavaya aus derselben Küstenregion gibt gar 19,03 %.

Paquica (21° 56' S. Br.)

Mittel aus 19 Schiffsladungen (1865).

Phosphorsaurer Kalk	66,17
Organische Substanz	13,01
Unlösliches	12,46

Die unlöslichen d. h. mechanisch beigemengten Stoffe abgetrennt, zeigt sich ein Gehalt von 75,59 an Calciumphosphat oder 34,62 % Phosphorsäure.

Mejillones (23° S. Br.)

Analysen von 6 Schiffsladungen 1867 erwiesen (nach LEYBOLD) im Mittel: Phosphate 73%; org. Subst. 9,5 %; Unlösliches 1,8 %.
Analysen von 5 Schiffsladungen 1866: Phosphate 59—76 %; org. Substanz 5—13,13 %.

Analysen von 6 Schiffsladungen, exportirt zwischen 22. April 1874 und 18. April 1878, ergaben nach DOMEYKO: Phosphate 64 bis 74 %; Glühverlust 10—15 %; Unlösliches 8—13 %.

Wenn sich auch hieraus nicht genau ersehen lässt, wieviel Phosphorsäure in den Phosphaten enthalten ist, weil ausser Kalkphosphat sich noch Magnesiaphosphat und etwas Eisenphosphat in dem Guano findet, so genügt doch ein Blick auf die Zahlen, um zu bemerken, dass eine Steigerung des Phosphorsäuregehaltes vom Norden nach Süden stattfindet und von Arica an in bedeutender Proportion. Einige genauere Analysen bestätigen dieses Factum in vollem Masse.

Möglichst reiner Guano exportirt von Mejillones in 1870 und 1871 hatte:

	nach VOHL	nach LIEBIG
Kalk	30,6636	39,755
Magnesia	7,9193	1,400
Eisenoxydul	0,1466	0,804
Thonerde	0,0047	—
Kali	0,5051	0,486
Natron	1,4532	3,081
Phosphorsäure	35,8602	38,550
Chlor	2,2250	1,985
Schwefelsäure	1,6036	1,665
Kieselsäure	0,0459	—
Kalkcarbonat	1,5926	—
Wasser	7,6858	—
Wasser und flüssige Substanz (bei 100°)	(6,5189)	2,100
Gesteinsbrocken	2,2830	1,651
Natrium (von Kochsalz herrührend) . .	0,7675	0,702
Organische Substanz	—	9,327

Durch Elimination der mechanisch beigemengten Gesteinsbrocken erreicht die Phosphorsäure in diesen Analysen die Procentsätze von 36,7 und 39,2. VOHL gibt aber als Durchschnitt von mehreren Analysen ¹ 36,9 % Phosphorsäure bei 2,3 % Granittrümmer, so dass, wenn diese letztern ausgeschieden werden, 37,7 % Phosphorsäure auftreten.

Der sog. krystallisirte Guano von Mejillones (glänzende Nadeln von meist dunkler Farbe) ist variabel zusammengesetzt, enthält aber die oben erwähnten Phosphate von Magnesia und Eisen.

¹ Chem. Centralbl. N. 15. 1872. S. 240.

Analysen nach KRULL (publicirt von DOMEYKO) geben an:

Guano von der Nordseite des Morro:

Phosphorsäure	36,00	39,00
Magnesia	24,50	19,10
Kalk	7,10	17,70
Wasser	31,00	17,60
Chlor, Schwefelsäure, Eisenphosphat	1,40	6,60

Von der Südseite des Morro:

2basisches Magnesiumphosphat	48,50
2basisches Kalkphosphat	8,09
Kalksulfat	7,65
Eisenphosphat	2,10
Chlornatrium	0,89
Kieselsäure	0,80
Wasser, Calcinationsverlust	31,88

Die Guanoschichten in Mejillones sind vorzugsweise von Chile aus untersucht worden und erwiesen in ihren Lagerungsverhältnissen einen weitem sehr interessanten Umstand, der nicht übergangen werden darf, weil er in enger Beziehung zu den Vorgängen zu stehen scheint, die bei der Bildung der Salpeterfelder eintraten.

Die ganze Halbinsel von Mejillones hat im Allgemeinen die Form eines rechtwinkeligen Oblongs, dessen Länge sich parallel der Küste von Norden nach Süden erstreckt.

Sie hängt also mit einer längern Seite mit dem Continent zusammen. Beide freiliegende (westliche) Ecken des Oblongs sind in Spitzen ausgezogen, von denen die nördliche sich nach Norden, die südliche sich nach Süden erstreckt, wodurch eine spitzhammer-ähnliche Form entsteht, welche über die Generalrichtung der Küste vorspringt. Nach dem Meere zu präsentirt sie überall sehr steile Abfälle.

Auf der südlichen Spitze selbst liegt etwas Guano mit Sand vermischt und bedeckt von Salzkrusten. Etwa $1\frac{1}{4}$ Meile nördlich erhebt sich der Morro (Berg) de Mejillones an 580 m hoch aus einer ebenen Basis von ungefähr 200 m Meereshöhe, mit einem Umfang von nahezu 400 m auf dieser in ovaler Form. Er besteht aus Granit, der zerklüftet, zerrissen, zerbröckelt und verwittert und an einzelnen Stellen von Augitporphyr durchbrochen ist; am Meeresufer erscheint auch Gneis und Glimmerschiefer.

Die Flanken des Berges sind von Schluchten und Thälern radial eingeschnitten und da, wo sie sich aus der Basis erheben, von Guanolagern umgeben, die bis zu 50 m weit sich an den Abhängen hinauf erstrecken. An einzelnen Stellen in den Thälern ist der Guano von einer salzführenden Sandschicht bedeckt und enthält fast überall Felsenstücke, deren Grösse zwischen der riesiger Blöcke und der kleiner, meist scharfkantiger Fragmente wechselt. Letztere sind an einzelnen Stellen so häufig, dass ein förmliches Conglomerat entsteht, das Guano zum Bindemittel hat. Hie und da finden sich auch Wechsellagerungen von Guano und thonig-sandigen Sedimenten, die zuweilen Gips enthalten. Zugleich aber finden sich auch Massen von Guano, die durch Steinsalz zu einer festen Masse verkittet sind und förmliche Bänke und Blöcke bilden. Meist führen diese 50—60 % Salz; zuweilen aber bestehen sie auch nur aus Salz, das die genaue Färbung des Guanos besitzt. Manchmal ist der Guano selbst felsenhart und so gesteinsartig, dass man ein Stück davon nach äussern Merkmalen unmöglich für Guano halten würde.

An andern Stellen durchziehen ihn braune Krystallnadeln von Kalk und Magnesiaphosphaten und häufen sich hie und da massig an (sogen. krystallisirter Guano). An einem Punkte erscheint auch etwas unreiner Natronsalpeter, der stellenweise 4—6 % Phosphate enthält. Alle dortigen Guanovarietäten stimmen in ihrem hohen Gehalt an Phosphaten so ziemlich überein, während die übrigen Bestandteile quantitativ sehr variabel sind.

Der sog. krystallisirte Guano ist Doppelposphat von Kalk und Magnesia. Zu diesen Substanzen treten noch Phosphate von Magnesiahydrat, Thonerde und Eisen, Sulfate von Kalk und Magnesia, Chlornatrium und Borophosphate; diese letztern sind jetzt an drei Stellen des Morroumfanges gefunden worden und bilden Knollen von 0,02—0,1 m Durchmesser; sie bestehen aus mehr oder weniger reinem Borophosphat von Kalk und Magnesia, das zuweilen mit Kalksulfat gemengt oder gemischt ist. Ihr Lagerungsverhältniss ist sehr bezeichnend; sie liegen oberhalb des Guano's in folgender Schichtenreihe:

Geröllmassen vom Berge; Schutt von meist scharfkantigen Felsbrocken, über 3 m mächtig, in den obern Partien erdig, in den untern Guanoteilchen enthaltend und Borophosphate, die in Nieren, Knollen und Nestern unregelmässig verteilt sind. Hierauf erst folgt reiner Guano über 2 m stark, welcher auf ähnlichen Geröllmassen ruht, die eine thonige Unterlage haben.

An einem andern Punkte enthalten die obersten Schichten des Guano's einige wenige Knöllchen des Borophosphates und Einlagerungen von Schuttstreifen. — Offenbar liegt hier eine Überflutung eines Guanolagers durch mutterlaugenartig zusammengesetzte Lösungen, nicht einfachen Seewassers, vor, die von Osten kommend eine Zeitlang über dem Guanolager stagnirten und ihren Gehalt an borsauren Salzen fallen liessen. Diese gingen dann mit der Phosphorsäure bzw. den Phosphaten Verbindungen ein, ähnlich wie in Stassfurt, wo die Phosphorsäure sich nur in den Boraten findet. Sei es nun, dass die Mutterlaugen später selbst sich den Weg nach dem Meere bahnten oder (wie wahrscheinlicher) erst eine neue Überflutung durch minder concentrirtes Salzwasser sie entführte, jedenfalls liessen sie ausser den Boraten nur Chlornatrium und etwas Magnesiumsulfat, sowie Gipsteile zurück. Eine Nitratbildung scheint nur in sehr beschränkter Masse stattgefunden zu haben, die Mutterlaugen werden frei von Natriumcarbonat gewesen sein, und zugleich fehlten vielleicht die flachen Muldenufer, die nur constant feucht, aber nicht überschwemmt waren.

Für solche Vorgänge spricht auch die Äusserung des Beschreibers KRULL in derselben Mitteilung, welche sagt:

„Die Schluchten, die vom Innern des Littorals nach dem Meere münden, haben den Anschein, als ob sie erst vor kurzer Zeit von Fluten durchströmt worden wären; ebenso machen die Schluchten am Morro den Eindruck, als seien sie von Wasser gerissen. Waren es atmosphärische Niederschläge?“

Schwerlich; denn die hätten doch sicher mehr Guano weggespült und nicht nur ausgelaugt. Zudem findet sich solcher noch in den Schluchten selbst und mit Salz vermengt. Hieraus geht hervor, dass zu der Zeit, in welcher diese Überflutung durch Salzlösungen vom Innern her stattfand, schon Guanolager an der Küste existirten, weil die Überschwemmung eines Guanolagers doch sicher erst nach Bildung desselben eingetreten sein kann.

Die Mejillonesablagerung ist weiterhin noch insofern interessant, als sie beweist, dass auch auf granitischem Untergrund ein Salzsee existirt haben kann. DARWIN behauptete bekanntlich, dass in Süd-america keine Salzseen auf Granitboden vorkämen.

DOMEYKO selbst sagt in einem Bericht über die Guanomineralien von Mejillones¹: „Während die Guano-Sorten der peruanischen

¹ C. r. 90, 544. 1880, auszugsweise in Zs. Krystallogr. 1881, 414.

Küste und der Inseln (12—13° S. Br.) Stickstoff und organische Substanzen in ansehnlicher Menge enthalten, zeigen diejenigen von 23—24° S. Br. bloß Spuren davon, wogegen sie aber reich an Phosphaten sind. Die Hauptmasse des Guano, um den Berg Morro de Mejillones abgelagert, bildet ein etwa 50 m weites Rayon von wechselnder Mächtigkeit und ist vorwiegend erdig, braun. Sie besteht aus Calciumphosphat, Calciumsulfat, Chlornatrium, etwas organischer Substanz und führt zuweilen auch Phosphate des Magnesiums, Aluminiums und Eisens. Der Stickstoffgehalt beträgt 0,002 bis 0,003 %. In dieser Masse finden sich auch einige interessante Mineralien. Ein dichtet mit flachmuscheligen Bruch besteht wesentlich aus Tricalciumphosphat mit 12—13 % durch Glühen sich verflüchtigender Substanz.

Der sogenannte guano cristalizado besteht aus zwei Mineralien: 1) einem Calciummagnesium-Phosphat, dessen stark glänzende, farblose und durchsichtige, zum Teil flächenreiche Krystalle auf Klüften und in Hohlräumen der compacten Varietät aufsitzen. Es besitzt die Zusammensetzung $2 (\text{Ca, Mg}) \text{P}_2 \text{O}_6 + 6 \text{aq}$ (Anal. I); 2) einem Magnesiumphosphat in faserigen Aggregaten und langen spitzpyramidalen, zu Bündeln gruppirten, glänzenden Krystallen von grauer Farbe. Es entspricht der Formel $\text{Mg}_2 \text{P}_2 \text{O}_7$ (Anal. II). Das auf dem Wasserbade getrocknete Mineral verliert beim Glühen 35—36 % seines Gewichtes. Neben diesen Verbindungen findet sich ferner ein Borophosphat des Magnesiums und Calciums (Anal. III) in nierenförmigen und kugeligen Concretionen, deren Durchmesser selten 5—6 cm übersteigt. An der Oberfläche weich und abfärbend, sind diese Ausscheidungen im Innern compacter. Es ist eine amorphe, gelblichweisse Substanz mit ebenem Bruch, welche ungeglüht in Säuren löslich, aber selbst beim Glühen unschmelzbar ist. Die Borsäure lässt sich durch die bekannten Reactionen nachweisen und wurde von Dr. KRULL, dem Chemiker der Gesellschaft, die den Guano von Mejillones (Angamos) ausbeutet, bis zu 11,60 % gefunden.“

Analysen	I	II		III
		Gefunden:	Berechnet:	
Bittererde	18,53	35,11	36,33	24,38
Kalk	5,80	—	—	0,14
Phosphorsäure	40,13	64,89	63,67	27,60
Borsäure	—	—	—	6,80
Wasser u. organische Substanz	36,00	—	—	38,30
Thonerde mit Spuren von Eisen	—	—	—	2,30
	100,46	100,00	100,00	99,52

Von zahlreichen Analysen von Guano von der weiter südlich sich erstreckenden chilenischen Küste mögen hier folgende Platz finden.

Insel Guanillo südlich von Caldera.

Stickstoff	0,2
Wasser, organische Substanz	21,1
Dreibasisches Kalkphosphat	33,1
Unlösliches, Kalkcarbonat etc. . . .	45,6

Der von Unlöslichem befreite Guano enthält demnach 60,85 % phosphorsauren Kalk d. h. 27,87 % Phosphorsäure.

Guano von der Küste, nicht weit vom Morro de Copiapó
(27° 15' S. Br.)

Stickstoff	10,8
Wasser, organische Substanz	18,7
Kalkphosphat	20,5
Unlösliches	50,0

so dass also der unvermischte Guano 41 % phosphorsauren Kalk mit 18,8 % Phosphorsäure enthält.

Der Guano von der Insel Pan de Azúcar gegenüber Copiapó aus 2 m Tiefe enthält 40 % Kalkphosphat neben mehr als 20 % Sand, aber fast gar keinen Stickstoff, also in 100 Teilen Guano (ohne Sand etc.) 22,9 % Phosphorsäure.

Aus dem Angeführten erhellt zur Genüge die Richtigkeit des obigen Ausspruches über den unverhältnissmässig grossen Phosphatgehalt des Küstenguanos südlich von Arica.

Aus den gewöhnlichen Verhältnissen des Klimas ist er nicht zu erklären; denn der Ocean hat für vorliegenden Fall gleichmässige Zusammensetzung überall, und die den Seevögeln zur Nahrung dienenden Meerestiere weichen ebensowenig in ihrer Zusammensetzung so viel von einander ab, dass bedeutende Unterschiede in dem aus ihnen producirt Guano vorkommen könnten.¹

Auch Auslaugungen, die bisher oft als erklärende Ursache des grossen Phosphatgehaltes angeführt werden, durch welche die leichtern Teile des Guano's von den Wassern angeschwemmt oder aufgelöst

¹ Unterscheidungsmerkmale der verschiedenen Guanosorten bieten die in ihnen vorkommenden kleinen Algen, Diatomeen etc. So fehlen im Perú-Guano die *Actinocyclus*-Arten, während eine andere Species *Coscinodiscus radiatus* nur in ihm vorkommt. Im Angamos-Guano finden sich vereinzelt *Astromphale*-Arten.

wurden, während die Phosphate zurückblieben, sind nicht nachweisbar. Das verhältnissmässig geringe Vorkommen von oxalsaurem Kalk und phosphorsaurem Ammoniak weist im Gegenteile auf das Fehlen eines Auslaugenvorganges hin. Wird nämlich Guano mit Wasser angerührt, so findet zwischen dem oxalsauren Ammoniak und dem phosphorsauren Kalk in der Masse, wie dieser durch das vorhandene schwefelsaure Ammoniak in Lösung geht (auf gefällten phosphorsauren Kalk wirkt oxalsaures Ammoniak nicht ein, leicht aber bei Zusatz von wenig Salmiak oder schwefelsaurem Ammoniak) eine Umsetzung statt, als deren Producte oxalsaurer Kalk und phosphorsaures Ammoniak auftreten. Die Reaction verlangsamt sich nach einiger Zeit, wohl durch Umhüllung des noch vorhandenen Kalkphosphates, nimmt aber einen raschen und vollständigen Verlauf, wenn eine kleine Menge irgend einer freien Säure z. B. Kohlensäure im Wasser vorhanden ist.

Dies thatsächliche Auftreten der Kalk- und Ammoniakverbindungen als Kalkphosphat und nur ausnahmsweise an Phosphorsäure gebundenen Ammoniaks widerspricht also einer Auslaugetheorie geradezu. Phosphammit und Stercorit, die durch Eindringen von Wasser auf die eben erwähnte Weise entstehen mussten, finden sich nur als Seltenheit im Guano der Chinchasineln und in dem von Guañape als Infiltrationsproducte einzeln vorkommender Niederschläge, letzterer wird auch im Guano der Insel Ichaboe an der (nicht regenlosen!) africanischen Westküste angetroffen. Aber die atmosphärische Feuchtigkeit in jenen Gegenden kann unmöglich Auslaugungen hervorrufen. Es regnet weder im nördlichen noch im südlichen Guanogebiet in nennenswerter Menge; deshalb ist nicht anzunehmen, dass Auslaugungen überhaupt stattgefunden haben und noch weniger, dass nur der südliche Teil des Gebiets ihnen unterworfen gewesen wäre, weil er im Ganzen noch eine viel trockenere Atmosphäre besitzt, als der nördliche.

Die Ursache des verschiedenen Gehaltes an Phosphaten ist daher nur in den Wirkungen der Winde zu suchen, die im Süden viel heftiger auftreten, als im Norden und die specifisch leichten, stickstoffreichen, organischen Guanoteile verwehen, dagegen die specifisch schwereren Kalk-, Magnesia- und Eisenphosphate, die ein Eigengewicht von über 2 besitzen (phosphorsaurer Kalk als Brushit zeigt 2,21), nicht oder nur in geringer Menge durch die Luft entführen.

¹ LIEBIG, Jahresb. 1861, 915.

Da wo diese leichten Teile niederfallen, muss natürlich ihr Phosphatgehalt ein sehr geringer sein, und dieses geht denn auch aus den folgenden Analysen des im Innern von Atacama gefundenen Guanos hervor.¹

DOMEYKO berichtet unterm 25. Juni 1877 über einen Guano aus Atacama folgendes:

„Er enthält eine grosse Menge Stickstoff und ähnelt in seiner Zusammensetzung dem von den Chinchasineln, ist sehr verschieden von dem von Mejillones und besteht zum grössten Teile aus Fäcalmaterien und Ammoniaksalzen. Er hinterlässt kaum 15 % beim Calciniren; gibt beim Analysiren 12 % Stickstoff (14,4 Ammoniak), also fast so viel wie die guten Chinchassorten; sein Gehalt an Phosphorsäure geht nicht über 4,3 % hinaus; an Kalkphosphat enthält er kaum 1,6 %, während die übrige Phosphorsäure an lösliche Salze (Ammoniak) gebunden ist.“

An einer andern Stelle (in den Annalen 1878 S. 47) fügt DOMEYKO sehr bezeichnend hinzu:

„Dieser Umstand (sc. der geringe Phosphatgehalt) könnte vielleicht dazu beitragen, das Fehlen der Phosphorsäure in den Salpeterschichten zu erklären.“

Guano aus der Gegend zwischen Cuevitas und Salinas im Innern von Atacama ergibt 4—5 % Stickstoff und 1,3—2 % Phosphorsäure, aber 37—40 % Sand und Unlösliches, so dass also der reine Guano 7,2 % Stickstoff und 2,64 % Phosphorsäure birgt.

Der Guano zwischen Callejas und Barazarte enthält nach VILLANUEVA (S. 906) stellenweise nur Spuren von Thonerdephosphat, stellenweise gar keine Phosphorsäure.

Der Gegensatz solcher Gehalte zu der Zusammensetzung des Küstenguanos ist also nicht allein sehr bedeutend, sondern auch wegen der selten über 15 Meilen betragenden Entfernung von den Phosphatguanolagern sehr bedeutsam.

Aus Vorstehendem erhellt klar von selbst folgendes: der Guano in dem Innern von Atacama kann nicht an Ort und Stelle primitiv abgelagert worden sein, denn frischer Seevögeldung enthält schon mehr Phosphorsäure, als er. Die vorwaltenden Bestandteile des Atacama-Guanos fehlen gerade dem Küstenguano, um diesem eine normale Zusammensetzung zu geben. Diese Bestandteile sind es auch,

¹ Leider liegen keine solchen von Tarapacá vor.

die im Gegensatz zu den mehr erdigen Teilen ein geringeres spezifisches Gewicht besitzen, so dass sie leicht von heftigen Winden entführt werden können, während jene zurückbleiben. Die dort bis Arica herrschenden Luftströmungen sind heftig, wie längst festgestellt, und ihre Richtung ist landeinwärts.

Hiernach kann über die Herkunft dieses Guanos also wohl kein Zweifel mehr existiren; er ist von der Küstenregion eingeweht worden, während der Guano der weiter nördlich gelegenen Inseln nicht dem Spiele häufiger und starker Bewegungen in den untern Teilen der Atmosphäre ausgesetzt war und deshalb grösstenteils intact blieb; ja selbst das wenige, was etwa zerstäubt wurde, traf dort keine Küstencordillere an, hinter der es sich senken musste und ebenso wenig beim spätern Niederfallen Mutterlaugensammlungen, auf die es hätte einwirken können; daher konnte auch kein Nitrificationsprocess, der ja schon im Guano selbst beginnt, eingeleitet und durch die Gegenwart von Natriumcarbonat zu einem allgemeinen Vorgang erhoben werden. Wohl aber hat alles dieses in Tarapacá und Atacama stattgefunden.

Dass sich aus den ammoniakalischen Bestandteilen des Guanos Salpetersäure bilde, ist keine einfache Behauptung, sondern ein Factum, dessen BOUSSINGAULT schon vor 20 Jahren erwähnt hat.¹

Die sämtlichen Guanosorten von Punta de Lobos, Pabellon de Pica und Huanillos, welche von Callao aus in versiegelten Büchsen nach England gelangten als Muster der 1874 an der Küste von Tarapacá neu entdeckten und neu untersuchten Lager und von A. VOELKER² analysirt wurden, enthielten ebenfalls Salpetersäure und zwar:

von Punta de Lobos	Nr. 1	3,40 %	} Mittel 2,40
	„ 2	3,50	
	„ 3	0,29	
von Pabellon de Pica	Nr. 1	0,01	} Mittel 0,55
	„ 2	0,61	
	„ 3	0,04	
	„ 4	0,90	
	„ 5	1,20	

¹ C. r. L, 887.

² J. R. Agric. Soc. England Nr. XX, 2 Ser. vol. X, part, II 1874.

von Huanillos	Nr. 1	2,87	} Mittel 1,41
	„ 2	2,46	
	„ 3	0,35	
	„ 4	0,25	
	„ 5	1,10	

Die 13 Proben enthalten demnach von 0,01—3,50 %, im Mittel 1,45 % Salpetersäure und daraus geht klar hervor, dass, wenn sich soviel von letzterer bildete ohne Gegenwart von Natroncarbonat und bei beschränktem Luftzutritt unter den die Guanolager bedeckenden Geröll- und Sandschichten, die Entwicklung von Salpetersäure in Berührung mit jenem stark alkalischen Salze und bei ungehindertem Zutritt von atmosphärischer Luft zu einem porösem feuchtem Magma natürlich eine bedeutend grössere sein muss.

Im Guano von den Chinchasinseeln, von der chilenischen Küste und speciell in dem von Mejillones ist die Anwesenheit von Salpetersäure ebenfalls erwiesen worden.¹ BATTERSHALL² fand sogar in einem Stück sehr ausgeprägt faserigen Chlornatriums aus einer Guanoladung Spuren von Nitrat.

A. VOELKER fügt in richtiger Erkenntniss dieser Thatsache seinen obigen Analysen noch die Bemerkung bei: „das Vorkommen der Salpetersäure in diesen Lagerungen ist interessant, sowohl vom practischen als vom theoretischen Standpunkt aus, und dürfte einiges Licht auf die Bildung der grossen Natronsalpeterlager in Perú werfen.“

Somit könnte also folgendes als erwiesen betrachtet werden: die Distanz und der Höhenunterschied zwischen den Guanolagern der Küstenregion und den Salpeterfeldern ist kein Argument für die Behauptung, der Nitrificationsprocess habe nichts mit dem Guano zu thun. Es ist im Gegentheil bewiesen, dass der Guano von der Küste subaërisch landeinwärts transportirt worden ist.

Hierbei bleibt es gleichgiltig, ob der jetzt noch auf der Oberfläche der Salpeterfelder existirende zur Nitratabildung gedient hat oder der, welcher in frühern Epochen eingeweht wurde.

Ein absolutes Fehlen von Phosphorsäure in den Salpeterfeldern findet durchaus nicht statt; die Borate von Tarapacá zeigen einen Gehalt davon, und mikrochemisch ist die Phosphorsäure, wenn auch einstweilen nur in den Lagern von Taltal, nachgewiesen.

¹ Analysen, angeführt im Bericht des Mineningenieurs L. LARROQUE über Mejillones 1863, S. 47—53.

² Proc. Am. Chem. Soc. II, N. 4.

Auf dem früher S. 66 angegebenen Wege wird man ihre Gegenwart wohl in allen Nitratmulden constatieren können.

Dass dieser Gehalt gering sein muss, liegt in der Natur der Verhältnisse, weil die schweren, in Knollen auftretenden Phosphate des Küstenguanos der Einwirkung des Windes mehr Widerstand leisten, als die leichten, pulverförmigen, phosphorfreien, organischen Guanobestandteile.

Trotzdem verschiedene Oscillationsperioden in Südamerica unverkennbar sind, wird doch allgemein angenommen, dass die Epoche der Haupthebung der Anden erst nach der Kreidezeit eingetreten ist;¹ ob von diesem Zeitpunkt an gerechnet, geologische Altersverschiedenheiten zwischen allen Guanoablagerungen und Salzniederschlägen aus den Mutterlaugen, die von den Cordilleren kamen, bestehen, ist für die Genesis des Natronsalpeters von geringer Bedeutung.

Welchem tertiären oder quartären Horizont die untersten Guanoschichten zuzuzählen, ist noch nicht ermittelt; eine schon in 3 m Tiefe im Guano von Punta de Lobos (Tarapacá) angetroffene Mumie eines Pelikans scheint nach RAIMONDI keiner der noch gegenwärtig an der Küste Perús lebenden Species anzugehören. Ueber ein in Macabí aufgefundenes Idol wurde S. 54 schon Notiz verzeichnet.

Der Mejillones-Guano ist jedenfalls älter als die Salzflut, die ihn überströmte, und auch wohl älter, als die Äusserung der vulkanischen Kraft, die den dortigen Morro hob. Dagegen müssen die Salzdecken, welche an vielen Stellen in Tarapacá fruchtbaren Boden überlagern, jünger sein als dieser; aber dieser Umstand giebt kein entscheidendes Merkmal für das absolute Bodentalter ab, denn secundäre Salzlösungen können auf jedem Untergrund existieren.

So lange Salzbildungen in jenen Gegenden stattgefunden haben und so lange die entstandenen Flötze gehoben wurden, werden auch Mutterlaugenfluten zeitweise die Abhänge herunter gestürzt oder unterirdisch zum Meere bzw. in dessen Nähe gelangt sein, und so lange Guanolager existieren, können auch die andern Bedingungen für Nitratbildungen vorhanden gewesen sein.

¹ Ich habe auf S. 48 schon meiner Ansicht, dass die Hebung mindestens teilweise quartär ist, Ausdruck gegeben; LE CONTE hat genau dasselbe kürzlich von der Sierra Nevada in Californien bewiesen. (Am. J. Sc. 1886, 167 ff.)

Vorläufiger Rückblick.

Die Herkunft und die absolute und relativ grosse Höhe der Salzfelder und Nitratlager über dem jetzigen und frühern Meeresniveau ist im Vorstehenden vollständig erklärt, ebenso die Zurückführung ihrer Zusammensetzung auf Mutterlaugen, und daraus das Auftreten der Borate. Der verhältnissmässig hohe Jod-Gehalt im Gegensatze zur Brommenge, ferner das Fehlen von Petrefacten etc., auch die localen Verschiedenheiten, die Unruhe der einzelnen Bildungen sind erörtert und das Hinzutreten von Guano bewiesen, und ebenso die Existenz von Salpetersäure in solchem, der nicht einmal unter allen Umständen, die einen Nitrificationsprocess bedingen, der Atmosphäre ausgesetzt war, so dass das Auftreten eines noch viel bedeutendern Quantum derselben Säure aus Guano, der in jenen Gegenden unter nitrificationsgünstige Bedingungen geriet, nur eine ganz natürliche Folge ist.

Nirgends zeigt sich ein innerer Widerspruch, allenthalben nur Übereinstimmung aller Thatsachen unter sich, und im einzelnen mit analogen Verhältnissen in andern Gegenden.

Die Unhaltbarkeit der Hypothesen, welche die Salpeterbildung auf andere Vorgänge zurückführen, wird weiter unten gezeigt werden, und somit bleibt nur noch die viel weniger wichtige Frage übrig, ob der Guano allein durch Oxydation die nötige Menge Salpetersäure erzeugt, oder ob eine Verstärkung der Production durch atmosphärisches Ammoniak stattgefunden hat.

Salpetersäurebildung ohne Mitwirkung von Guano.

Die durch Thatsachen nachgewiesenen Entstehungsweisen von salpetriger und Salpetersäure in der Natur sind nach CARIUS' Untersuchungen folgende:

1. Aus freiem Stickstoff.

- a) Electriche Entladung in der Luft.

Solche kommen allerdings in Tarapacá und Atacama zu gewissen Zeiten in kleinern Verhältnissen häufig vor, können aber nicht als ursprüngliche Quelle der Salpetersäure hier gelten. Wäre solches der Fall gewesen, so müssten auch in der Sahara und den Schotts in Nordafrika Nitratbildungen stattgefunden haben, denn auch dort finden sich Salzlager, Mutterlaugensalze etc., gleichstarke, wo nicht noch stärkere, electriche Entladungen (S. Anhang, Note 5) und

überhaupt ganz analoge Verhältnisse, wie an der Westküste Süd-americas, aber keine Nitrate, weil eben der Guano oder eine seine Thätigkeit übernehmende Substanz dort fehlt.

b) Bei Oxydationserscheinungen anderer Körper in der Luft.

Die hierbei entstehende Salpetersäure wird, falls keine leichte, staubförmige Base vorhanden, schwerlich in der dortigen, sehr bewegten Atmosphäre in ausgedehnter Masse zur Geltung kommen.

2. Durch Oxydation von Ammoniak.

a) Durch electriche Entladungen.

Solche mögen dort mit dazu beigetragen haben, das Guano-Ammoniak in Salpetersäure überzuführen, aber für sich allein reichen sie nicht hin und der dagegen unter 1 a angeführte Grund ist auch hier giltig.

b) Bei Gegenwart alkalischer Substanzen.

Das ist der hier einschlagende Fall; Ammoniak war vorhanden und Alkalien in Form von Natriumcarbonat, und hierzu tritt noch das folgende begünstigende Moment, nämlich

c) durch Ozon.

Da Ozon als im meisten Salpeter vorkommend nachgewiesen worden ist, so muss bemerkt werden, dass solches bei einer langsamen Verbrennung von vielen Stoffen sich bildet; namentlich ist dieses bei der allmäligen Oxydation des Phosphors der Fall, und die wichtige Frage, ob mit der Ozonbildung durch langsame Oxydation in der atmosphärischen Luft, wie schon SCHÖNBEIN beobachtet hatte, immer die Entstehung von Salpetersäure oder salpetriger Säure Hand in Hand geht, scheint in neuerer Zeit endgiltig entschieden zu sein, da BERTHELOT¹ gefunden hat, dass die langsame Oxydation des Phosphors unter gewissen Umständen immer von der Bildung geringer Mengen salpetriger Säure begleitet ist.

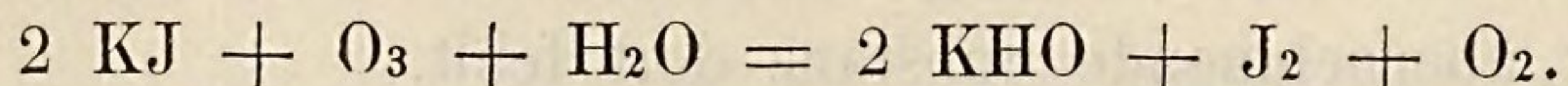
Aber auch unter den günstigsten Bedingungen lässt sich übrigens der Sauerstoff mittelst Phosphor lange nicht so stark ozonieren, wie durch stille electriche Entladungen.

Das Ozon besitzt ein ganz ungewöhnlich hohes Oxydationsvermögen, das vorzugsweise bei Gegenwart von Wasser zur Geltung kommt.

Die Oxydationswirkung geht meist in der Weise vor sich, dass nur eins der drei im Ozonmolekül enthaltenen Sauerstoffatome oxydierend auftritt, während die beiden andern zu gleicher Zeit als

¹ C. r. LXXXIV, 61.

gewöhnlicher Sauerstoff sich ausscheiden, wie man z. B. bei der Wirkung auf Jodkalium sieht.



Mit Ausnahme von Gold und den Platinmetallen werden alle Metalle zu Oxyden oder Superoxyden gemacht (Silber z. B. zu Superoxyd); auch viele Metalloide oxydieren sich direct. So wird Jod zu Jodsäure, Phosphor zu Phosphorsäure etc.; auch Schwefelsäure bildet sich aus schwefliger Säure, Salpetersäure aus salpetriger Säure u. s. f., wogegen nur einige sauerstoffreiche Verbindungen, z. B. Mangansuperoxyd unter gewissen Umständen zersetzend auf Ozon einwirken.¹

Da nun electrische Entladungen dort häufig sind, und eine allgemeine Oxydationsperiode auch mit RAIMONDI angenommen werden muss, so dürfte eine Mitwirkung der Atmosphärilien durch Vermehrung der aus dem Guano entstandenen Salpetersäure wohl schwerlich zu bestreiten sein.

Das Auftreten von Jodsäure beweist wohl allein schon eine solche. Aber auch eine weitere Mitwirkung ist anzunehmen, nur darf dieselbe nicht überschätzt werden.

Natriumnitratlösung absorbiert bekanntlich² soviel Ammoniak als Wasser (bei 15° etwa $\frac{1}{3}$ des Gewichtes vom Wasser); trockenes Natriumnitrat aber gar keins. Es würde also hier vorzugsweise die Quantität Ammoniak in Betracht kommen, die sich im Thau findet.

Dieser enthält nachweisbare Mengen Ammoniak. 1 Liter Thauwasser in 6 Versuchen (Liebfrauenberg) ergab 1—6 mgr Ammoniak.

Einmal war das in Nebel condensierte Wasser so ammoniakalisch, dass es gerötetes Lakmuspapier bläute und in 1 L 49,7 mgr enthielt.

Bei einem dichten Nebel in Paris enthielt das Wasser desselben sogar 137,85 mgr.³

SCHÖNBEIN hat ferner gezeigt, dass in vielen Fällen der Bildung der Nitate die der Nitrite vorausgeht, und konnte er die Gegenwart von Nitriten leicht im Chilesalpeter nachweisen, ebenso im Regenwasser; doch ist das Auffinden von Nitriten neben Nitraten kein durchschlagender Beweis für das Entstehen der letztern aus den erstern; denn Nitate werden unter Umständen von mikroskopischen Organismen zu Nitriten reducirt.⁴

¹ C. ENGLER in Leopoldina 1880.

² RAOULT, Chem. Centralbl. 1873, 771.

³ LIEBIG und KOPP, Jahresb. 1853, 706.

⁴ U. GUYON, C. r. 1882, 1365.

Die Säure des Chilesalpeters ist demnach aus stickstoffhaltiger Materie organischen Ursprungs unter Mitwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs entstanden, durch die Bildung von Ammoniak hindurchgehend.¹

Der einmal entstandene Salpeter zieht sich vorzugsweise in die obern Schichten, und wird seine Menge vergrößert durch das Zuführen von Ammoniak in den meteorischen Niederschlägen.

Auf der andern Seite muss aber auch betont werden, dass die Menge des Thaus, welche in Betracht kommt, bisher meistens überschätzt worden ist.

So hatte man z. B. angenommen, dass die jährliche Thaumenge in England 127 mm betragen hätte; nach günstigst beurteilten Versuchen von GEORGE DINES² ist sie aber kaum 38 mm.

So mag atmosphärisches Ammoniak condensiert im Thau wohl zur Geltung gekommen sein; ja es ist nicht zu leugnen, dass dasselbe auch direct aus der Luft auf gewisse Salzlösungen einwirkt, wie denn auch TH. DE SAUSSURE schon im Jahre 1804 fand, dass eine Solution von schwefelsaurer Thonerde, der Luft ausgesetzt, in Ammoniakalaun umgewandelt wird,³ aber dieser Fall liegt doch etwas anders; denn hier war eine fast freie starke Säure vorhanden (weil die Thonerde eine ausserordentlich schwache Basis ist), während bei der Nitrification die Säure selbst erst aus dem Ammoniak sich bilden muss.

Nach R. WARINGTON⁴ absorbiert allerdings Wasser, das der Luft ausgesetzt ist, meist schon binnen weniger Stunden nachweisbare Mengen von salpetriger Säure. Mittels der von GRIES⁵ angegebenen Reaction — Ansäuern mit Schwefelsäure oder Salzsäure und Zusatz von etwas Sulfanilsäure- und Naphtylaminlösung — lässt sich 1 Teil Stickstoff als salpetrige Säure noch in tausend Millionen Teilen Wasser nachweisen; aber wo kommt denn diese Menge von Nitrosäure in Form von Nitraten oder Nitriten zur Geltung? Man sollte meinen, dass wenn eine ebenso continuierliche Production von Nitrosäuren stattfindet, wie Wasserverdampfung auf der Erde, kein Carbonat auf der Oberfläche noch vorhanden sein könnte, wenn nicht die in schwacher Lösung befindlichen Nitrate und Nitrite beim Durch-

¹ WILL, Jahresb. 1861. S. 156. 157.

² DEW, Mist and Fog in Quart. J. Met. Soc. V, 156—164.

³ BISCHOF, Geol. I, 634.

⁴ Chem. Soc. 1881, I, 229. Ueber das Auftreten von salpetriger Säure beim Verdampfen von Wasser. Chem. Ber. 1881, 1560.

⁵ Chem. Ber. XII, 427.

gang durch porösen Grund mit organischen und andern Materien wieder reduciert würden, wie aus den Versuchen von HATTON¹ hervorgeht. Nach BOUSSINGAULT² zersetzen ja die Wurzeln lebender Pflanzen in verschiedenen Bodenarten anorganischer Zusammensetzung 57 % der ihnen zugeführten Alkalinitrate. Übrigens hängt die Quantität der bei Wasserverdunstung entstehenden salpetrigen Säure auch bedeutend von der Erwärmungsart ab. Bei Anwendung von Gas- oder Wasserdampfheizung entstehen verschiedene Mengen und grössere als bei Sonnenwärme, und in einem Zimmer bildet sich mehr salpetrige Säure als im Freien, so dass z. B. Wasser, welches 27 Tage auf freiem Felde gestanden hatte, in 15 Millionen Teilen nur 1 Teil dieser Säure zeigte.³

Der Hauptbeweis gegen die ausschliessliche Ableitung der Salpetersäure direct aus dem atmosphärischen Stickstoff liegt viel weniger in den Resultaten chemischer Versuche, als vielmehr in der That- sache, dass in allen Gebieten der Erde, wo ganz gleiche Verhältnisse wie die von Tarapacá und Atacama, mit Ausnahme der Gegenwart von Guano, bzw. einer ihm nahestehenden Substanz, auftreten, keine Nitrit- oder Nitratbildung in nennenswertem Massstabe vorkommt, und dieser Umstand tritt in dem Gebiete des nordamericanischen Westens, das ja sonst ausserordentlich viel Analogien mit der Westregion von Südamerica zeigt, recht deutlich hervor.

Auch dort finden sich weit ausgedehnte Ablagerungen von Mutterlaugensalzen, in denen Borate nicht fehlen, denen sich aber ganz wie in Tarapacá und Atacama Natriumcarbonat zugesellt hat. HAYDEN'S, WHEELER'S und CL. KING'S Berichte⁴ enthalten grosse Reihen von Analysen dieser Salzgemische, zu welchen häufig noch Natron-Bicarbonat tritt. Auch da trifft man an vielen Stellen undurchlassende Unterlage, geringe Regenmenge, sandige Mulden mit flachen Rändern, an denen die Salze ein feuchtes Magma bilden, lebhaften Luftwechsel, entsprechende Temperatur etc., aber Salpeterlager gibt es da nicht. Natriumnitrat findet sich nicht einmal in oder bei den ausgedehnten Sodafeldern, die doch die aus atmosphärischen Vorgängen entstandene Salpetersäure annehmen müssten.

¹ Chem. Soc. 1881, 258.

² Chem. Centralbl. 1881, 291.

³ Ann. Chim. Phys. (5) 22, 433.

⁴ Fortieth Parallel I p. 499 ff.

Dass es vorzugsweise des animalischen Detritus bedarf, um die Bildung von salpetriger und Salpetersäure hervorzurufen, ist ja auch täglich bei uns zu beobachten.

Ohne auf die bekannten Vorgänge in den Salpeterplantagen Bezug zu nehmen, reicht die Thatsache hin, dass Quellen, die aus Waldboden, der doch grosse Massen von vegetabilischem Detritus birgt, entspringen, uns das beste Trinkwasser liefern, während Brunnen in der Nähe reich bevölkerter Städte, wo sich gewisse thierische Auswurfsstoffe im feuchten Boden anhäufen, oft solche Quantitäten von Salpetersäure in ihrem Wasser aufweisen, dass dasselbe gesundheitsgefährlich wird.¹

Auch unsere Moorwasser liefern den Beweis, dass aus vegetabilischem Detritus keine nennenswerten Mengen von Salpetersäure hervorgehen.

In 100 L des Wassers des Moores von Kienitz waren enthalten je nach den Monaten 162,20 gr bis 240,00 gr Trockensubstanz (bei 110°); 0,607 bis 0,990 gr Gesamtstickstoff und 0,740 bis 1,15 gr Salpetersäure.

Während der Procentgehalt an Gesamtstickstoff ungefähr gleich bleibt, steigt der Salpetersäuregehalt in der wärmern Jahreszeit. Phosphorsäure fehlt vollständig. Der hohe Gehalt an Kalkerde (22,456 bis 38,640 gr) ist der lösenden Wirkung der im Moorboden reichlich vorhandenen Kohlensäure auf die im Kienitzer Moor überaus zahlreichen Schneckengehäuse zuzuschreiben.

Die Leichen der Bewohner von diesen werden auch wohl die meiste Salpetersäure geliefert haben, die noch nicht 0,853 auf 100 000 entspricht.

Nach einer Analyse von HELLRIEGEL enthält das Kienitzer Moor in 1000 Teilen 405,47 Mineralstoffe mit 0,87 Kali, 0,93 Natron, 219,28 kohlensaurem Kalk, 4,97 Magnesia, 1,18 Phosphorsäure, 2,77 Schwefelsäure, 138,45 in Salzsäure unlöslichem Rückstand.²

Salpetersäure wurde also hierbei nicht in bemerkbarer Quantität aufgefunden.

¹ Um von tausend Beispielen nur eins hier anzuführen, mag bemerkt sein, dass ein in Trier in der Böhmerstrasse gelegener Brunnen im Juli 1881 polizeilich geschlossen werden musste, weil sein Wasser in 100 000 Teilen u. a. 0,38 salpetrige, 20,2 Salpetersäure, 9,45 organische Substanz, aber nur 0,16 Ammoniak enthielt, und der Gebrauch davon eine Typhusepidemie in der Nachbarschaft hervorrief. (Köln. Ztg. Nr. 204, II, 1881.

² R. SCHILLER in BIEDERM. Centralbl. 1880, S. 636.

Hiermit könnten die Erklärungsweisen der Herkunft der Salpetersäure aus vegetabilischen Massen z. B. Tangen wohl als erledigt betrachtet werden, da jedoch noch andere Momente denselben entgegenstehen, so werden diese Hypothesen im folgenden mit den übrigen auf verschiedenen Anschauungen beruhenden näher ins Auge gefasst werden.

Auftreten von Natronsalpeter in andern Gegenden.

Darüber ist nur wenig zu sagen. Leider wird häufig in den Berichten von Reisenden nur der Ausdruck „Salpeter“ gebraucht, der wohl in den meisten Fällen auf Kalisalpeter zu beziehen, aber doch immerhin unbestimmt ist.

Natronsalpeterbildungen sind nur von äusserst wenigen andern Punkten und in sehr geringen Mengen bekannt.

In Wyoming, eine engl. Meile östlich von der Station Point of Rock an der Pacificbahn, liegt ein an 4 m mächtiges Schwefellager, dessen untere Lager Alaun und Salpeter enthalten. Umliegende Tertiärgebilde von andern etwas weiter nördlich gefundenen Schwefellagern und Kohlenflötzen zeigen massenhaftes Auftreten von *Ostrea Idriaensis*.

Nahebei liegt die Station Salt-Wells (32° W. Washington); ein Ort südöstlich führt den Namen Sulphur, und beide Stationen liegen am Bitter-Creek.¹

Trotzdem die Verhältnisse noch nicht näher untersucht sind, scheinen sie doch (schon den Namen Bitter-Creek und Salt-Wells nach zu schliessen) in den allgemeinen Rahmen der Derivate der Mutterlaugensalze zu gehören.

Nach Mittheilungen von A. WARTENWEILER, Vorsitzenden der Stevens M. Co. in Montana, finden sich in Salzlagen Utah's, 160 engl. Meilen südlich von Saltlake-City, etwa 19 % Natriumnitrat, 3 % Kaliumnitrat und 40 % Chlornatrium, während der Rest aus Sulfaten und 15 % Unlöslichem besteht.

Hier sind offenbar tierische Verwesungsproducte mit Mutterlaugensalzen und ihnen zugeselltem Natriumcarbonat in Verbindung getreten; aber die Seltenheit von jenen Producten erklärt das minimale Auftreten von Nitraten und bestätigt auch die oben ausgesprochene Ansicht, dass vegetabilischer Detritus, der doch im americanischen

¹ Arch. Pharm. 1877, 179.

Westen nicht fehlt, kein Material für Salpetersäure in vorliegenden Fällen der Bildung von Natronsalpeter geliefert hat.

Die Region, aus der der eben erwähnte Salpeter stammt, gehört in den Bereich des Seviersees; in dem engern Gebiete des grossen Salzsees in Utah ist das Vorkommen von Nitrat sehr zweifelhaft. Nur Pater ESCALANTE gibt in seiner Reisebeschreibung 1733 an,¹ dass am Südufer des Utahsees sich Salpeter fände, aber keiner der spätern und neuern Forscher bestätigt diese Angabe.

Zudem ist Natriumcarbonat in dem engern Gebiet des grossen Salzsees, zu dem auch der Utahsee gehört, sehr selten; es ist bis jetzt nur an einer Stelle in beschränkter Menge angetroffen worden, und folgt dieser Umstand aus der spärlichen Vertretung der vulkanischen Gesteine. Das Wasser des grossen Salzsees enthält deshalb kein Natriumcarbonat, während solches doch in den Seen des benachbarten Nevada, die sämtlich in vulkanischer Umgebung liegen, eine so grosse Rolle spielt. Dagegen besteht zwischen den ursprünglichen Salzen der Wüsten beider Territorien durchaus kein weiterer Unterschied. Entsprechend dem Satze, dass der Bildung des Natronsalpeters die von Carbonat vorausgehen hat, wenn etwa vorhandener animalischer Detritus zu einer Nitrification Anlass geben soll, ist auch das sonst seltene Auftreten von Salpeter in Nevada. Im nordwestlichen Teile dieses Territoriums ist die Gegend um Hotsprings eine trostlose Oede. Laven bilden die dunkeln Höhenzüge, während der Sand- und der darunter liegende Thonboden der Thäler von Kochsalz und Glaubersalz durchdrungen ist.

In einigen Thälern kommt Natriumcarbonat, seltener Natriumnitrat vor; Boronatrocalcit findet sich in den Sandschichten in ausserordentlicher Menge, während der Thon dagegen absolut keine Spuren von Boraten enthält.²

Analysen des Borates ergaben Spuren von Jod, Kalium und Magnesium und es wird hieran die Bemerkung geknüpft, dass vielleicht in der Nähe eine an Jod reichere Erde zu finden wäre.

Offenbar liegen hier Verhältnisse wie in Atacama und Tarapacá vor. Salzflötze lieferten Mutterlaugen, vulkanische Kräfte verursachten Hebung mit Erguss der Laugen, sowie die Bildung von Natriumcarbonat; Borate wurden abgesetzt und ein Teil der Salze in Lösung weitertransportiert. Eine geringe Menge animalischen

¹ Exploration of Utah T. H. SIMPSON 1859, p. 494.

² A. W. HOFMANN, Chem. Ind. 332.

Detritus wirkte dann auf das Carbonat, und so entstand etwas Natriumnitrat.

Die Analogie mit Atacama und Tarapacá ist also bis auf die Nachweisbarkeit des animalischen Detritus vollständig vorhanden.

Nach Mittheilungen NEWBERRY's kommen in Idaho Salzkrusten vor, die 46 % Natriumnitrat enthalten neben etwas Kalisalpeter und 15 % Chlornatrium.

Auch in Californien findet sich hie und da Natronsalpeter nach Angaben des Katalogs der Pariser Ausstellung im Jahre 1878. (XXIV.)

Dort war auch verhärteter Guano von der Raza-Insel im Golf von Californien, der als sehr phosphatreich bezeichnet wurde, in mehreren Stücken vertreten.¹

Die Analogie mit den chilenischen Gegenden wird demnach nach der Küste hin immer grösser.

Von Europa wird in HARTMANN's Mineralogie Sicilien als eine Fundstätte von Natronsalpeter erwähnt. Unmöglich wäre es nicht; denn Mutterlaugensalze sind auch da reichlich vorhanden. Chlormagnesium ist nicht selten; bei Bompensieri liegen an 2 m mächtige Glaubersalzsichten, und höchst wahrscheinlich sind die dortigen Schwefelbildungen sämmtlich auf die aus Mutterlaugen stammenden Sulfate, die durch Organismen reducirt worden, zurückzuführen.

In allen Fällen trifft man den Natronsalpeter mit Mutterlaugensalzen, Vulkanismus, der diese zum Teil in Natriumcarbonat verwandelt hat, und animalischem Detritus, wenn letzterer auch nicht immer entsprechend beachtet worden ist. Aber die Zerfliesslichkeit des Natronsalpeters lässt ihn als solchen nur in regenlosen bzw. sehr regenarmen Ländern bestehen. Besonders günstig für seine Bildung in grossen Massen war nun eben Tarapacá und Atacama, wo folgende Hauptfactoren zur Geltung kamen.

Andenkette mit Salzflötzen, deren Mutterlaugen mit aus diesen hervorgegangenem Natriumcarbonat an den Abhängen herunterflossen — Küstencordillere, die die salinischen Lösungen aufhielt und in flachen Mulden stagnieren liess (mit dem Ende der Küstencordillere beim Rio Camarones, gleich südlich von Arica, sind alle Nitratlager abgeschnitten); — Guano auf Inseln und Felsen des Littorales, welcher nicht nur Salpetersäure in Berührung mit Natriumcarbonat erzeugen

¹ Catal. Minerals Pacific-Coast, Paris Expos. 1878, 51.

musste, sondern auch, wenn auch nur in geringen Mengen, fertig gebildet enthielt — heftige Westwinde, welche die specifisch leichten, stickstoffreichen Guanoteile über das regenlose, aber nicht der unterirdischen Feuchtigkeit entbehrende Gelände von Tarapacá und Atacama verstäubten und so mit den salinischen Lösungen in innige Verbindung brachten. Nördlich von Arica sind die Winde viel weniger stark und die Guanosorten daher leicht und ammoniakreich geblieben, während die südlich von Arica vorkommenden ihre leichten ammoniakalischen Bestandteile abgegeben haben und daher schwer d. h. sehr phosphathaltig gemacht worden sind.

Aus dem Zusammenwirken dieser Umstände mussten massige Nitratbildungen resultieren.

Andere Erklärungsweisen der Bildung des südamericanischen Natronsalpeters und Discussion der in ihnen ausgesprochenen entgegenstehenden Ansichten.

Hypothesen Thiercelin, Forbes etc.

Nach THIERCELIN¹ haben an der Bildung des Salpeters teilgenommen:

1. Guano, der überall da gelegen hat, wo sich heute Salpeter findet; 2. der poröse Sand, welcher den Salpeter bedeckt; 3. kohlensaurer Kalk, der sich dort in derben, knollenartigen Massen findet und 4. Chlornatrium, welches dort sehr verbreitet ist; ausserdem 5. der Sauerstoff der atmosphärischen Luft.

Zunächst hat sich eine Oxydation des Ammoniaks aus dem Guano durch den Sauerstoff der Luft im Innern der Schichte porösen Sandes unter Bildung von salpetersaurem Ammoniak vollzogen, welches letztere Salz durch Umsetzung mit kohlensaurem Kalk kohlensaures Ammoniak, das sich verflüchtigte, und salpetersauren Kalk lieferte. Aus diesem bildete sich schliesslich mit Chlornatrium der Salpeter und Chlorcalcium.

Ohne die Teilnahme des Guanos erklärt THIERCEIN die Salpeterbildung durch Umsetzung von kohlensaurem Kalk mit Chlornatrium; das hierbei gebildete kohlensaure Natron sei alsdann durch die Salpetersäure des Thaus zersetzt worden.

Mit Ausnahme des ersten Punktes ist kein einziger der Hypothese THIERCELIN haltbar. In Bezug auf den zweiten und dritten muss gesagt werden, dass Gossenflüssigkeit durch Röhren mit geglühtem Sand und Kalk langsam filtriert, allerdings zunehmenden Salpetersäuregehalt zeigt, während das Ammoniak mehr und mehr verschwindet, wie SCHLÖSING gezeigt hat; aber dem steht der Umstand entgegen, dass sich nicht überall Kalk da findet, wo eine Salpeterbildung stattfand, und dass das Auftreten von salpetersaurem Kalk als Mittelstufe doch mehr als fraglich bleibt; denn da wo Alkali-

¹ Erwähnt in chem. Jahresber. 1868.

carbonate existieren, wird sich die Nitratsäure in erster Reihe diesen zuwenden.

„Die Annahme, dass die Salpetersäure ursprünglich mit Kalkerde verbunden gewesen sei und dass die Einwirkung von dieser auf das regenerierte Steinsalz die Bildung des Natronsalpeters veranlasst habe, bleibt nur eine Hypothese, die bis jetzt noch nicht erwiesen ist,“ sagt schon KARSTEN.¹

Der Sand mag dazu beigetragen haben, die Masse porös zu halten und den Nitrificationsprocess zu erleichtern; aber unumgänglich notwendig war seine Gegenwart nicht.

Zum vierten Punkt ist zu bemerken, dass eine direkte Zersetzung des Chlornatriums durch Salpetersäure oder Kalknitrat durch nichts bewiesen werden kann. Im Gegenteil findet sich Chlorcalcium selbst auf undurchlassendem Boden in Tarapacá und Atacama durchaus nicht in entsprechender Menge und ausserdem ist Natronsalpeter in einer Lösung von Chlorcalcium total unlöslich; derselbe müsste also ganz in der Tiefe liegen, was durchaus nicht der Fall ist. Ferner hat man die Umbildung von Calciumcarbonat und Chlornatrium in Chlorcalcium und Natriumcarbonat noch nirgends nachweisen können.² Das bisweilen beobachtete Ausblühen von Natriumcarbonat aus Mauern, zu deren Construction Kalk-Mörtel verwandt wurde, der mit Salz- oder Seewasser angerührt war, gehört durchaus nicht hierher; denn hierbei war es nicht kohlensaurer sondern Aetzkalk, der einen Teil des Chlornatriums zersetzte.

Eher annehmbar würde eine gegenseitige Zersetzung von Glaubersalz und kohlensaurem Kalk sein. Die Überführung des Natriumcarbonates in Natriumnitrat durch die Salpetersäure des Thaues ist deshalb nicht haltbar, weil sonst nirgends Natriumcarbonat in regenlosen, thaureichen Gegenden vorkommen könnte, sondern schon ganz oder mindestens teilweise zersetzt sein müsste. Es findet sich aber unzersetztes kohlensaures Natron an vielen Stellen der Erde, ja sogar etwas weiter landeinwärts von Tarapacá ohne die geringste Beimengung von Nitrat. Zudem ist die Menge des Thaues

¹ Salinenkunde II, 291.

² KARSTEN's Versuche, in 18 Monaten unter möglichst günstigen Verhältnissen Kreide und Kochsalz umzusetzen, lieferten kein Resultat. Des Verfassers Bemühungen in derselben Richtung blieben auch nach dreijähriger inniger Berührung der beiden Substanzen in Gestalt eines feuchten Breies erfolglos; selbst in Gegenwart faulender Tange fand in drei Jahren keine Zersetzung statt.

und des in ihm enthaltenen Ammoniaks doch eine gar zu winzige Grösse, wie S. 117 erwiesen wurde.

Die Ansicht von FORBES stimmt im Wesentlichen mit dem ersten Teile vorstehender Hypothese überein. FORBES lässt das Calciumcarbonat von Conchylienresten sich mit Chlornatrium umsetzen und das entstandene kohlensaure Natron durch faulende Organismen in Nitrat übergehen. Die totale Unhaltbarkeit dieser Ansicht ergibt sich auf den ersten Blick; denn Conchylienreste sind äusserst selten in den Salpeterregionen. Die Ableitung der Borate aus Fumarolen mit nachträglicher Einspülung derselben in die Salzmassen ist eben so problematisch; viel einfacher und natürlicher stellt man dieselben dahin, wohin sie gehören; Fumarolen entstehen da, wo Boratablagerungen aus Mutterlaugensalzen von heissen Wasserdämpfen unterirdisch erfasst werden.

In anderer Weise wird der Guano herangezogen in einer Hypothese, die im Anuario nacional del Perú 1860 p. 191 ff. publiciert wurde.

Die Entstehung des Natronsalpeters wird da grossen Ablagerungen von Guano zugeschrieben, die zur Zeit des Antediluviums die Ufer eines grossen Natron- und Sodasees bedeckt hatten. Dieser überschwemmte später den Guano, worauf dessen Stickstoff mit dem Natron in Verbindung trat, so dass sich später unter Bedeckung von Geröll und Sand der caliche bilden konnte.

Die Guano producierenden Vögelschaaren halten sich aber stets nur an den Oceanküsten selbst dauernd auf; sie besuchen nicht nur keine Salz- und Bitterseen, deren Salzgehalt den des Meeres viel übersteigt, sondern vermeiden sie sogar sehr entschieden, wie die Umgebungen des Toten Meeres, des grossen Salzsees und anderer derartiger Lagunen beweisen. An den Ufergegenden solcher Wasserflächen bemerkt man nur einzelne lebende Wesen; das Wasser solcher Bassins ist Gift für die Vögel, und daher ist an eine Anlage von Brut- oder Sammelplätzen an den Rändern eines salzigen Binnensees gar nicht zu denken; Nahrung bieten Bitterseen den Vögeln überhaupt nicht.

Weiterhin steht die sehr geringe Menge der Guano-Phosphate in den Salpeterfeldern der Annahme von dem Auftreten primitiv in der unmittelbaren Nähe abgelagerten Guanos diametral entgegen, und müsste der Inhalt der frühern Natronlagune eine vergleichsweise homogene Masse bilden mit ausgedehnten Schichten u. s. w. Zugleich

müsste ein an 150 Meilen langes Terrain als von zahlreichen Soda-seen besetzt angenommen werden.

Borate, Jodate etc. bleiben dabei aber ausserhalb des Rahmens der Berücksichtigung. Die Hypothese entspricht durchaus nicht den gerechten Anforderungen.

Hypothese Noellner.

NOELLNER führt den Ursprung der organischen Substanzen, die den nötigen Stickstoff lieferten, auf das Ein- oder Anschwemmen von Tangmassen in Buchten zurück. Wenn nun in jetziger Zeit vielleicht auch keine hinreichend grosse Fucusmassen in den angrenzenden Meeresteilen existieren, so könnten sie doch früher vorhanden gewesen sein. Sporen davon kommen zuweilen in grossen Mengen im Ocean dort vor. Oft glaubt man halbe Tage lang bei Dampferreisen an der Küste auf Blut zu fahren statt auf Seewasser, und diese auffallende Färbung rührt von Algensporen her. Sie wurde schon in den 20er Jahren beobachtet und auch von den Küsten Sumatras erwähnt.¹

Zwischen Socotora und Cap Gardafui ist in ähnlicher Weise das Meer oft mit einer schmutzigen, fettigen Masse auf so weite Strecken überzogen, dass für mehrere Tage des Seewasser nicht einmal zum Baden an Bord der Dampfer verwendbar ist.

Verfasser traf die blutrote Meeresfärbung am 2. December 1865 nördlich von Callao und am 11. desselben Monats bei Cobija.² An der Mündung des La Plata und am Cap stellen sich zu gewissen Jahreszeiten ebenfalls stark rote Färbungen der Oceansoberfläche ein.

Das eigentliche Colorit des Meeres wird ja häufig durch gewaltige Massen von Algen und Schaaren kleiner Seethiere verändert.

„Einige Tage, nachdem wir Bahia verliessen, sagt DARWIN, nicht weit von den Abrolhos-Inseln, schien es, als ob die ganze Oberfläche des Wassers mit kleinen Stücken von gehacktem Heu bedeckt wäre.

Unter einer schwachen Vergrösserung erkannte man, dass ein jedes Bündelchen aus 20—60 Fasern bestand, welche in regelmässigen Abständen durch Querscheidewände abgeteilt waren. Das Schiff

¹ LEONHARD, Geognosie. S. 566.

² Abh. Naturw. Ver. Bremen 1866.

durchfuhr mehrere Gürtel dieser Substanz, welche, der schmutzigen Farbe des Meeres nach zu urteilen, wenigstens dritthalb Meilen lang waren.

Eine ähnliche Erscheinung kam uns häufig in der Nähe von Australien zu Gesicht.

Zwei Tage lang, ehe wir bei den Keelingsinseln ankamen, sah ich an vielen Stellen Massen einer fleckigen Substanz auf dem Ocean herumtreiben, die aus zweierlei Arten mikroskopischer Conferven bestanden.

An der Küste von Chile, einige Stunden nördlich von Concepcion, berichtet derselbe Naturforscher, fuhren wir durch grosse Strecken schlammigen Wassers, und wiederum einen Grad südlich von Valparaiso machte sich dieselbe Wahrnehmung in einem noch grössern Massstabe geltend.“

Es waren kleine Zoophyten, kaum 0,025 mm gross, in ungeheurer Menge. An einem Tage kamen wir durch zwei Striche solchen gefärbten Wassers, deren jede einige englische Quadratmeilen gross war. Die Farbe des Meeres glich der eines Flusses, der durch ein rotes Thongebiet strömt. Zwischen dem roten und dem klarblauen Wasser war eine scharf abgeschnittene Grenze.“

In der Nähe von Callao hat der Stille Ocean ein olivengrünes Ansehen. Das Wasser ist mit einer grünlichen Materie vermischt, welche auch auf dem Seegrunde gefunden wird. Diese Materie riecht in ihrem natürlichen Zustande gar nicht, verbreitet aber, ins Feuer geworfen, den Geruch verbrannter animalischer Substanzen.

Bei Cap Palmas, an der Küste von Guinea, scheinen die Schiffe manchmal durch Milch zu segeln; eine Auffälligkeit, die von einer sehr grossen Menge weisser Tierchen herrührt, die auf der Oberfläche schwimmen und die natürliche Farbe des Wassers verdrängen.

Das eigentümliche Colorit des roten Meeres, dessen Ursache zuerst von EHRENBURG 1823 im Busen von Tor ergründet wurde, rührt von einer mikroskopischen Seepflanze her, die zu gewissen Jahreszeiten auf dem Meere umherschwimmt und durch ihre ungeheure Vermehrung sich ebenso sehr auszeichnet, als durch ihre prächtige rote Farbe. Auch in andern tropischen Gewässern, im Atlantischen und Stillen Ocean, wird eine ähnliche Erscheinung durch Algen niederer Ordnung, besonders vom Geschlecht *Trichodesmium* bewirkt. So sah das englische Schiff „Sulphur“ die See bei den Abrolhos-Inseln mehrere Tage lang durch erstaunliche Mengen des mikroskopischen *Trichodesmium Hindsii* blutrot gefärbt.

Kleine gelbliche Quallen von etwa 1 mm Durchmesser sind es vorzugsweise, die das klare Ultramarin der arktischen Meere in jenes trübe Grün verwandeln, das sich oft über Räume von 2 bis 3 Breitengraden hin erstreckt.

Dergleichen Beispiele liessen sich noch in Menge anführen.

Auch an riesigen Tangen zeigt der Pacific stellenweise einen wahrhaft enormen Reichtum. Von Cap Hoorn bis nach Chiloe finden sich sehr grosse Massen von *Macrocystis* und *Lessonia*, so dass man die erstaunlich entwickelte unterseeische Vegetation der südlichen Hemisphäre nur mit den tropischen Urwäldern vergleichen kann. (S. Anhang, Note 6.)

Aber wo und wie können die Wirkungen der Fäulnisproducte der gelandeten Organismen zur Geltung kommen? Doch nur in unmittelbarer Nähe des Strandes, d. h. in linearer Form längs der Küste auf eine geringe, geologisch verschwindende Breitenerstreckung von wenigen Metern. Das entspricht jedoch räumlich nicht der Ausdehnung der Salpeterfelder.

Eine Strandbildung im engeren Sinne ist daher von selbst ausgeschlossen, da bei einer solchen der abgelagerte Auswurf doch nur auf Gesteinsunterlage d. h. auf Felsen, Gerölle oder Sand ruhen würde, aber weder gebildete Salzsichten bedecken, noch von ihnen bedeckt werden würde; denn diese existieren nicht am Ufer zwischen Ebben- und Fluthöhe. Auch eine Lagunenformation leistet den Anforderungen der Wahrscheinlichkeit, wie weiter unten bei der SIEVEKING'schen Hypothese gezeigt werden wird, keinerlei Genüge.

Mit allen derartigen Voraussetzungen und Erklärungsweisen kommt man dem Ursprung der Salpeterlager nicht näher, am wenigsten lässt sich damit das gleichzeitige Auftreten der sie begleitenden Borate deuten, und wie innig beide Substanzen mit einander vergesellschaftet sind, ist bekannt.

Die absoluten und relativen Höhenverhältnisse machen es überhaupt unbegreiflich, wie die Tangmassen in oder auf die Salpeterfelder gelangt sein könnten.

Man sieht hier auf den ersten Blick, dass ein solches Gebiet von Salzen nicht gleichzeitig von Seepflanzen bedeckt worden sein kann; aber auch allmähliches Überlagern durch vielfach wiederholte Anschwemmungen, die sich langsam durch Hebung der Küste von Osten nach Westen dem zurückweichenden Meere nach erstreckten, hilft nicht aus; denn in freiem Meere würden keine Lager von Salzen, auf welche die Tange gespült werden und nachher einwirken konnten,

ungelöst geblieben sein. Diese Ansicht wäre also haltbar nur für den Fall, dass dem zurückweichenden Meere ein Salzflötz kontinuierlich vom Lande her auf dem Fusse folge, welches die bei starken Stürmen angebrachten Fucushaufen bedeckt und zugleich mit der nötigen Quantität kohlensauren Kalkes versehen würde, um später Chlorcalcium- und Natroncarbonat zu bilden, welches letztere dann durch Nitrification der Algen sich in Natronsalpeter verwandeln müsste. Beides ist ausgeschlossen. Werden die Tangmassen über eine Barriere bei Sturmfluten eingespült, so kann die Breite dieser Barriere nicht tausende von Meter betragen; aber selbst angenommen, sie gelangten hinüber, so können sie allerdings vielleicht eine Salzlague oder ein Salzflötz treffen. Im ersten Falle entsteht aber, wie oben gezeigt, keine Salpetersäure aus ihren Zersetzungsproducten und im zweiten verfaulen sie auf dem Salzflötz; das entstehende Ammoniak aber entweicht in die Luft, während ihre Aschenbestandteile nur in linearer Erstreckung längs des Innenrandes der Barriere sich auf dem Steinsalze oder Calciumsulfat wieder antreffen lassen müssten.

Aber es finden sich auch nirgends Stellen, an denen sich die im vorliegenden Falle als charakteristisch zu bezeichnenden Aschenbestandteile der Seepflanzen d. h. Jod, Brom und Phosphorsäure in gewissen Verhältnissen vorfinden.

Ein weiterer sehr gewichtiger Einwurf gegen die NOELLNER'sche Ansicht besteht in der Abwesenheit der kalkigen Reste von Conchylien, die mit Tangen fest verbunden zu sein pflegen. Derselbe wird weiter unten etwas genauer erörtert werden.

Dass alle Bestandteile der Tange Substanzen sind, die dem Meerwasser angehören, liegt ja auf der Hand, aber besonders wird Jod neben Brom und Phosphorsäure von ihnen aufgenommen, und bei der Voraussetzung, dass Algenmengen die Bildung des Natronsalpeters verursacht haben, müssten sich die in ihnen besonders angesammelten Elemente doch auch wieder da finden, wo sie abgelagert wurden.

Dieses ist aber nicht der Fall.

Fucus serratus z. B. giebt 19,34 % Asche, darin 1,01 Phosphorsäure; *Laminaria saccharina* giebt 20,5 % Asche, darin 0,57 Phosphorsäure; *Fucus nodosus* 21,13 %, darin 0,28 Phosphorsäure.¹

Zudem hat man beobachtet, dass je reicher eine Algenart an Kalisalzen ist, um so reicher ist sie auch an Jod im Verhältniss

¹ BERGEN u. JOHNSON in WILL. Jahresb. 1872.

zum vorhandenen Brom; z. B. bei *Laminaria*, während bei *Fucus nodosus*, *vesiculosus*, *fruticosus* etc., in denen die Natronsalze sehr überwiegen, der Jodgehalt neben der Brommenge zurücktritt.¹

So enthält die Asche von *Fucus vesiculosus* und *siliquosus* 0,719 % Jod gegen 0,603 % Brom; *Fucus serratus* 0,834 Jod gegen 1,007 Brom; dagegen *Laminaria digitata* 5,352 % Jod gegen 0,774 Brom.²

Brom fehlt aber im Verhältniss zum Jod, ebenso wie Kalium im Natronsalpeter, und die Nichtübereinstimmung der Verhältnisse ist hier entscheidend, weil die abgelagerten Substanzen auf derselben Stelle in Wirksamkeit getreten sein sollen und keine Transportation stattgefunden hat, während welcher einzelne sich abgesondert haben oder zurückgeblieben sein könnten.

Alle die letzterwähnten Gründe wiegen aber nicht den einzigen der linearen Bildung auf, welche eingetreten sein müsste, wenn das Meer die Organismen angeschwemmt hätte, abgesehen davon, dass faulende Tange keine Nitrosäure erzeugen und weder die Salpeterlager noch die sie begleitenden Steinsalzsichten einen Anhaltspunkt für den Glauben an directen Absatz aus dem Meere liefern. Sie kamen in Form von Mutterlaugen aus der entgegengesetzten Richtung, den Anden, und blieben hoch über dem Meeresniveau vor der Küstencordillere stehen, wo dann erst später der Nitrificationsprocess durch subaërisch von der Küste her transportierten Guano eingeleitet wurde.

LANGBEIN³ versucht die NOELLNER'sche Ansicht durch folgende Ausführung zu stützen:

„Man hat verschiedentlich versucht, die Bildung des Salpeters aus grossen Guanolagern, veranlasst durch gelegentliche Auffindungen kleiner, in das Rohmaterial eingebetteter, stark nach Ammoniak riechender Guanonester herzuleiten. Verfasser hält diesen Guano lediglich für verweste Seetange, die durch irgend welche ungünstige Verhältnisse der weitem Zersetzung durch atmosphärische Einflüsse entzogen wurden; diese Annahme stützt sich darauf, dass es ihm gelang, in einigen wenigen solcher Guanoklumpen ziemlich wohl erhaltene Reste Seetang zu finden. Es finden sich allerdings auch kleine Nester von Vögelguano, jedoch dann immer zwischen den Alluvionen, also einer spätern Bildung angehörend.“

¹ Ann. Chim. et Phys. (5) VII, 406 erw. in Arch. Pharm. 1877, 252.

² MARABAUD, Arch. Pharm. 1877, 635.

³ Dingl. Pol. J. 1879, 454.

Wichtig ist vorerst hier eine der vielen Bestätigungen des Auftretens von Guano mit Ammoniakgehalt in den Salpeterlagern. Tangstückchen, die darin vorgekommen sein mögen, könnten aber eben so leicht wie Coleopterenflügel von der Küste mit dem Staube eingeweht worden sein; ihre Anwesenheit im Guano oder der ammoniakalischen Substanz beweist durchaus nicht das Hervorgehen von dieser aus Algen, sondern spricht eher für das Einwehen leichten organischen Materials. Tangbröckchen werden nicht durch den Körper der Seevögel intact gegangen sein, da gallertartige Nahrungsmittel leicht verdaut werden; es sind eben Fragmente, die vom Schnabel abgewetzt oder vom Gefieder abgestreift wurden und so in den Guano gerieten.

Anders wäre es, wenn sich häufig Stücke von Tangriemen, gleichviel in welchem Grade der Erhaltung fänden, denn solche müssten sich auch in ganz vermodertem Zustande noch erkennen lassen durch die kalkigen, ihnen angeheftet gewesenen Reste von Mollusken. Auf verschiedenen *Fucus*-Arten finden sich in den jetzigen Meeren z. B. *Patella pellucida*, mehrere Littorinellen-Arten, Bryozoen und Anneliden in bedeutenden Mengen; ja die *Spirorbis nautiloides* inkrustiert sogar öfters Tangriemen förmlich.

Die Anzahl lebender Tiere aller Arten, deren Existenz auf das innigste vom Dasein des Grossblasentangs, *Macrocystis pyrifera*, in den chilenischen Regionen abhängt, ist erstaunlich. Fast jedes Blatt mit Ausnahme derjenigen, die auf der Oberfläche flottieren, ist so dicht mit Corallinen überzogen, dass es davon eine weisse Farbe erhält. Auf der Oberfläche der Blätter befestigen sich verschiedene Patellen, Trochen, einige Bivalven und Weichtiere. Unzählige Crustaceen halten sich auf allen Teilen der Pflanze auf. Beim Schütteln der grossen, verworrenen Wurzeln fällt ein Haufen von kleinen Fischen, schaligen Mollusken, Cephalopoden, Krabben, Seeigeln, Seesternen, schönen Holothurien, Planarien und kriechenden, nereidenartigen Geschöpfen von allen möglichen Formen heraus.

Von derartigen Tieren ist aber absolut nichts in den Salpeterlagern zu entdecken, und wo Tangstückchen erkennbar bleiben, müssten doch die Kalkschalen der kleinen Wesen sich auch erhalten haben.

Dieser Umstand allein müsste schon hinreichend sein, um die Hypothese von NOELLNER gänzlich fallen zu lassen.

Der vorhergehenden sehr nahestehend ist die

Hypothese Sieveking.¹

Dieselbe basiert sich auf die westlichen Localverhältnisse des Bassins von Cachiyuyal, welches durch den trocknen Rio gleichen Namens bei Taltal mit dem Ocean in Verbindung steht.

Hier nimmt SIEVEKING einen partiellen Abschluss an, über den bei Flutzeit das im Innern eingeschlossene Meer-Wasser mit dem Ocean communiciert hat.

Die marine Flora, welche sich in diesem Busen mächtig entwickelte, lieferte losgetrennte vegetabilische Massen, die durch die Wasserbewegungen auf die flachen Ufer geworfen wurden, wo sie mit tierischen Resten verfaulten und Ammoniak bzw. Salpetersäure producierten. Die benachbarten Gesteine lieferten Silicate, Kalk-, Natron- und Kalicarbonate, und so bildete sich durch Wechselersetzung Natronnitrat, Kalksulfat etc., welche Salze sich bei der durch Verdampfung eintretenden Concentration nach dem Grade ihrer Löslichkeit niederschlugen, so das Natronnitrat an den höher gelegenen flachen Rändern, wo die Wasser sich am ehesten mit Chlornatrium sättigten und unterhalb der Steinsalzsichten, die sich am Grunde finden und nach seiner Meinung Salpeterschichten decken müssen, weil Natronsalpeter in einer Kochsalzlösung nur wenig löslich sein soll.

Hiergegen ist zu erinnern, dass bei ungehinderter voller Communication eines Busens mit dem Meere sich die Verhältnisse nicht von denen des offenen Oceans unterscheiden, also auch kein Salzniederschlag stattfinden kann, und die an den Strand geworfenen toten organischen Massen einfach verfaulen, ein Process, der überall an den Küsten stattfindet, jedoch ohne irgendwelche Nitratproduction.

Bei partieller Communication wird eine Concentration des Busenwassers stattfinden, die sehr bald alles tierische und pflanzliche Leben entfernt oder vernichtet, wobei die organischen Bestandteile der Reste sich in Kohlenwasserstoffe bzw. Kohlensäure und entweichendes Ammoniak auflösen, so dass eine Bildung von Ammoniaksalzen z. B. Chlorammonium nur in äusserst geringem Massstabe, wenn überhaupt stattfindet.

Die erfolgenden Niederschläge, namentlich der des Gipses (von dem ja mächtige Bänke weiter südlich bei Carizalillo, wenn auch nicht gerade in demselben Bassin, doch in grosser Nähe vorkommen nach J. K. MARTINEZ), können dabei, wenn viel Organismen vor-

¹ Im offiziellen Bericht von A. PISIS an die chilenische Regierung 1877. S 44.

handen, bituminös werden, aber eine Nitratbildung findet in Flüssigkeiten nicht statt und eine poröse Unterlage von Natriumcarbonat ist bei einem mit Oceanwasser angefüllten Becken als Strandmaterial, auf welchem Natriumnitrat, wenn auch in verschwindender Menge, erzeugt werden könnte, nicht denkbar; dazu ist die Löslichkeit des Natriumcarbonates zu gross.

Vom Meere abgetrennte Lagunen, in denen Salzniederschläge vorhanden sind oder vor sich gehen, zu welchen Tangmassen bei starken Stürmen über den abtrennenden Landstrich gespült werden, würden nur ein durch Kohlenwasserstoffe mehr oder minder stark verunreinigtes Steinsalz von sehr geringer Mächtigkeit liefern, das wahrscheinlich von Stinkgyps unterlagert wäre; aber eine Nitrification in genügend grossem Massstabe würde sicher nicht eintreten und noch viel weniger in Lagunen, die über eine Barre in wenn auch beschränkter doch dauernder Verbindung mit dem Ocean stehen.

Es kommt von Organismen hier nur das relativ wenige in Betracht, was untersinkt, und ein nennenswerter Salpetergehalt müsste sich dann auch in allen Steinsalzflötzen nachweisen lassen; denn es hat gewiss keine einzige stattgefunden, ohne dass Tange in den betreffenden Salzbusen eingeschwemmt worden sind.

Aber selbst wenn man die Bildung von Natriumnitrat in einer solchen Bucht mit partieller Communication über eine Barre mit dem Ocean annehmen wollte, so würde es gewiss mit andern leicht löslichen Seesalzen zur Flutzeit über die Barre in den Ocean fliessen. Bei vollständigem Abschluss des Busens finden anfänglich dieselben Verhältnisse statt, nur bleibt dann zuletzt über dem Steinsalzlager eine Mutterlauge stehen, welche nie vollkommen zur Trockene verdampfen, sondern einen Bittersee bilden würde, dessen Gewässer, ähnlich wie die des Toten Meeres bitumenhaltig sind, aber kein Nitrat, von faulenden Organismen herrührend, enthalten.

Selbst an den Gestaden von Natronseen finden keine nennenswerten Nitratproduktionen durch verwesende Pflanzenreste statt. Animalische, faulende Organismen finden sich nicht dabei in hinreichender Menge, denn Tiere leben nur ausnahmsweise in oder nahe bei concentrirten Salzlösungen und können daher auch keine Massen von Leichen als Strandgut liefern. Seetierreste, die SIEVEKING anzieht, finden sich auch nicht in den calichales; wenigstens keine Muschelschalen etc.

Die weiterhin ausgesprochene Behauptung, dass Natronsalpeter in einer Kochsalzsolution nur wenig löslich sei und aus diesem Grunde

hauptsächlich an den flachen Rändern der Mulden niedergeschlagen werde, weiterhin aber auch noch unter den liegenden Kochsalzschichten der Centralpartien zu finden sein müsse, entbehrt der Richtigkeit. Die Löslichkeitsverhältnisse des Natriumnitrates in Kochsalzsolutionen und umgekehrt sind oben S. 35 kurz berührt worden; sie ergaben folgendes:

Bringt man Natronsalpeter in eine bei 19° gesättigte Kochsalzlösung, so wird derselbe rasch aufgenommen, und gleichzeitig findet eine Aussonderung von Kochsalz in zierlichen Würfelchen statt. Nach vollständiger Sättigung besteht die Lösung aus 43,9 Salz und 56,1 Wasser; oder 100 Wasser lösen auf 78,11 Salz, das aus 25,22 Kochsalz und 52,89 Natronsalpeter besteht.

Werden in eine gesättigte Natronsalpeterlösung Kochsalzkrystalle gebracht, so erfolgt die Aufnahme der letztern nur unter gleichzeitiger Aussonderung von Natronsalpeter in Krystallen. Die gesättigte Flüssigkeit enthält dieselbe Menge Salz und in denselben Verhältnissen beider Salze, wie vorhin angegeben.

Wasser kann also recht gut beide Körper zugleich gelöst enthalten und von Natronsalpeter sogar die doppelte Menge, wie Kochsalz; und es erklärt sich so sehr leicht die fast constant beobachtete Mengung der beiden Substanzen.

Wohl ist der Natronsalpeter in einer gesättigten Lösung von Chlormagnesium oder Chlorcalcium total unlöslich, aber solche kommen hier nicht in Betracht.

Die Hypothese SIEVEKING ist also nach keiner Richtung hin haltbar. Concentration von Oceanwasser und Produktion bez. Anhäufung von Organismenmassen in einer und derselben Localität schliessen sich gegenseitig aus.

Man sieht, dass SIEVEKING sich an die Meinung von NOELLNER anlehnt, dabei aber an eine mehr oder weniger vollkommen abgeschlossene Bucht (hier die von Cachiyuyal) denkt und noch animalische Reste zu Hülfe nimmt.

Auch letztere finden sich zuweilen in ungeheuern Massen als Strandgut in jenen Regionen und an andern Küsten z. B. als Fischfluten u. s. f. (s. Anhang, Note 7), aber dieselbe Schwierigkeit der Erklärung, wie, wo und auf was sie zur Wirkung gelangten, liegt bei ihnen wie bei den Tangmassen vor.

Hypothese Pissis.

Feldspatischer Detritus, Vulkanismus, Atmosph. Ammoniak.

Dieselbe ist entwickelt in dem Berichte, den A. PISSIS, der Chefgeolog von Chile, unterm 30. Juni 1877 an die dortige Regierung richtet und bestreitet die marine Herkunft der den Salpeter begleitenden Salze, weil dieselben nicht in Gemeinschaft mit kalkigen oder andern Sedimenten vorkommen, die sich beim Absatze aus dem Meere doch gleichzeitig gebildet haben müssten, weil keine Meeresconchylien in den Salzen gefunden worden sind, weil die Gegenwart von Gesteinsfragmenten und die Art des Auftretens derselben jede Annahme eines ungestörten Absatzes unhaltbar macht und weil die absolute Höhe, in welcher der Salpeter liegt und die z. B. bei Maricunga 4000 m übersteigt, einen Zusammenhang mit dem Meere ausschliesst.

Hiergegen ist zu erwähnen, dass das Fehlen von Organismen im Steinsalz und noch mehr in seinen Mutterlaugensalzen die Regel ist, die schon früher bei der Bildung der Steinsalzlager etc. bewiesen wurde, und dass die Abwesenheit der Indicien für ungestörte Lagerung, die grosse absolute Höhe der Salinen-Sedimente sich einfach aus dem Umstande ergibt, dass die Steinsalzlager durch Hebung auf ein höheres Niveau als das der Salpeterfelder gelangten und dass das Herabströmen der Mutterlaugenreste keineswegs mit Regelmässigkeit erfolgte, dass sie nicht gleichmässig die ganze Gegend östlich der Küstencordillere bedeckten und die einzeln da geformten Lagunen auch durchaus nicht dieselben Schicksale erfuhren. Die beigemengten kleinen Gesteinsstücke, die PISSIS als einen Gegenbeweis gegen die aquose Bildung ansieht, zeigen nur, dass bei der Salpeterformation es sich nicht um eigentliche Gewässer, sondern um nasse Schlamm- und Salzcomplexe handelte, in denen sehr gut Gerölle etc. sich halten konnten. Das nachträgliche Eindringen derartiger Körper ist früher schon behandelt worden.

Dass jetzt viele Lagerstätten des Nitrates an Abhängen und sogar auf kleinen Höhen liegen, zeigt, dass die Oberfläche der Umgebungen Veränderungen erlitten. Es brauchen nicht gerade Erdbeben gewesen zu sein, die den Schichten eine Neigung gaben, obschon solche Dislocationen dort recht häufig sind.

Haben doch die wenigsten Flötzgebilde unserer Erdrinde ihre ursprünglich horizontale Position beibehalten, und so mögen jetzt viele Salpeterfelder an geneigten Böschungen liegen, die früher mehr oder

weniger wagerecht waren. Ausserdem ist zu berücksichtigen, dass wie auf S. 89 erläutert, die Randpartien einer grössern Wasserfläche an den Abhängen Salpeter absetzen können, der in geneigter Lage isoliert bleibt, sobald die Nitratbildung unterbrochen wird, indem z. B. die Lagune ausläuft.

Da wo calicheras auf Höhen vorkommen, kann auch sehr gut ihre dereinstige nächste Nachbarschaft erodiert worden sein durch Winde, die höchstwahrscheinlich später die salzdurchtränkte Masse weniger afficierten als den beweglichen Detritus der Umgebung.

Man behauptet, dass der Sand der Sahara nur von der Zerstörung des nubischen Sandsteines durch die Winde und andere atmosphärische Agentien herrühre und dass viele Thäler und Rücken in felsigen Gegenden nur dieser Art von Erosion bzw. der geringern oder grössern Widerstandsfähigkeit des in Angriff genommenen Gesteinsbodens ihre Existenz verdanken. (S. darüber u. a. die Note 3.)

Die Basen Kalk, Kali und Natron lässt PISSIS aus den Feldspatgesteinen der Salpetergegenden entstehen; aber ein sehr schwer wiegendes Argument hiergegen liegt in dem Auftreten von grossen Mengen von Magnesiasalzen. Magnesiumsilicat ist in den Feldspäten überhaupt nur schwach vertreten, wie ein Blick auf die von DANA in seiner Mineralogie citierten Angaben lehrt.

Von 263 in diesem Werke verzeichneten Analysen von Albit, reinem Andesit, verändertem Andesit, Felsit, Hyalophan, reinem und verändertem Labradorit, Obsidian, Oligoklas und Orthoklas weisen nur 8 einen Magnesium-Gehalt auf, der 2% übersteigt und unter diesen 8 sind 5 von Obsidianvarietäten, d. h. Pechstein, Bimstein etc., von denen DOMEYKO keine einzige Localität in Atacama anführt; nur FONSECA erwähnt Bimsteins in der Nachbarschaft der Lagune Maricunga.

Zu dieser unbedeutenden Menge, deren Geringfügigkeit ja auch bei den aus Feldspatgesteinen hervorgehenden Thonarten bemerklich ist, tritt nun gar noch hinzu, dass kohlensäurehaltige Wasser nach monatelanger Berührung mit Feldspat zwar Kieselsäure, Kalk, Eisenoxyd, Natron und Kali zum grossen Teile lösen, dagegen von Magnesia nur Spuren.¹

Andesit enthält im Mittel nicht 5% Magnesia. So weisen die Andesitgesteine aus der interandinen Region des Hochplateaus von Quito, besonders aus der Umgegend von Alausi, nur 15 Meilen südlich

¹ J. STOCKLASA, Chem. Centralbl. 1882.

vom Chimborazo, in 11 Analysen von typischen Mustern¹ höchstens 3,38 % Bittererde auf. (Gipfelgestein vom Chimborazo enthält auch nur 4,1 %.) Dagegen erscheint dort als Endproduct der Zersetzung jener Gesteine ein gelblichweisser Thon mit Gipskrystallen, dessen lösliche Teile aus 39,4 % Calciumsulfat und 45,09 % Alaun bestehen. Der aus der Verwitterung der Andesite hervorgehende Thon, der das Material für den im Hochlande von Ecuador so sehr verbreiteten sogen. cangagua liefert, enthält nur 1,62 % Magnesia. Die Augit-andesite vom Vulkan Yate (42° S. Br.) figurieren nur mit weniger als 2 % Bittererde.

Trachyt birgt höchstens 3 %, so der vom Antuco, wogegen der Normalmischung nur 0,28 % zukommen (BUNSEN); Porphyre, Dacite, Ryolithe etc. zeigen ähnliche Armut an Bittererde.

Eine solche Sachlage angesichts der Mengen von Magnesiumsulfat und -Chlorid in den Salpetermulden beweist die Unhaltbarkeit der Hypothese; denn der Ursprung aller jener Salze muss doch grösstenteils auf eine gemeinsame Quelle zurückgeführt werden.

Aus Pyriten entnimmt PISSIS die Schwefelsäure; aber aus den in allen Felsen (wie er sagt) dort vorkommenden Kiesen entsteht doch nicht Schwefelsäure genug für so enorme Bittersalz- und Gipslager. Zudem greifen da ganz andere Processe, nämlich Kaolin- und Alaunbildungen Platz. Weithin sichtbar und erkenntlich an ihrer hellen Färbung sind in den Cordilleren von Chile die ausserordentlich zahlreichen Hügel und Berge, die sich aus sogen. polcura zusammensetzen. Damit bezeichnet man da die Zersetzungsproducte von Feldspatgesteinen, die sehr fein eingesprengten Pyrit einschliessen. Die aus ihnen zu Tage tretenden Gewässer sind nur zuweilen nicht salinisch, dagegen gewöhnlich sulfathaltig. Vorherrschend darin sind der gemeine Alaun und Halotrichit oder Federalaun, der auch in Adern etc. bis zu 2 cm Stärke in den kaolinisierten Massen der Polcura-Berge fast überall angetroffen wird.

Einem Halotrichit von San Antonio bei Copiapó kam nach SCHWARZENBERG die Formel $\text{FeSO}_4, \text{Al}_2\text{S}_3\text{O}_{12}, 24 \text{ aq.}$ zu.

Man sieht aus den folgenden Analysen, wie winzig die Magnesia-, Natron- und Kalkmengen sind, die aus der Verwitterung von chilenischen Feldspatgesteinen hervorgehen.

Zwei Proben davon, aus der Cordillera Hedionda (Coquimbo) und der von San Fernando ergaben:

¹ T. SIEMIRADZKI, Jahrb. Mineral. etc. Beil. Bd. IV 1885, S. 195 ff.

Schwefelsäure	36,0	44,9
Thonerde	11,2	15,3
Eisenoxydul	5,3	8,7
Magnesia	1,7	0,5
Natron	1,1	1,2
Kalk	0,1	0,9
Kali	—	0,3
Wasser	44,6	17,5
Unlösliches	—	9,1
	100,00	98,3

Weiterhin gehört zu solchen Bildungen mehr Wasser, als in Atacama und Tarapacá in Thätigkeit zu treten pflegt; aber dazu kommt noch der fatale Umstand, dass die aus kiesreichem Feldspat entstehenden Alaunsalze die Haupt-Salpeterbasis, das kohlensaure Natron, wo sie es antreffen, zersetzen, indem die Schwefelsäure der Thonerde sich desselben unter Austreibung der Kohlensäure bemächtigt.

Was nun gar erst die Ableitung des Chlors aus den südamerikanischen Vulkanen betrifft, so ist diese noch gewagter.

Salzsäuredämpfe sind an den heute dort noch thätigen Vulkanen, wie REISS, WOLFF und andere stets betont haben, eine so seltene Erscheinung, dass REISS die Entdeckung von solchen in geringer Menge am Cotopaxi mit Recht für wichtig gehalten hat.

Wenn nun auch damit nicht erwiesen ist, dass das Fehlen von Chlor auch in frühern Epochen der vulkanischen Thätigkeit in Südamerika die Regel war,¹ so müssten doch nach jener Ansicht überall da, wo Vulkangebiete mit Salzsäure-Exhalationen von Feldspatgesteinsformationen umgeben sind, Chlornatriumsedimente vorkommen, die ihren nicht marinen Charakter documentieren; das ist aber durchaus nicht der Fall.

Zudem betont PISSIS ausdrücklich, dass das Natriumnitrat am Platze selbst entstanden sei. Da aber Salpeterlagen über quartärer, alluvialer Ackererde stellenweise in Tarapacá liegen², müsste das mit

¹ Schwerlich dürfte man den auch als vulkanisches Product hie und da auftretenden Sodalith, Na Cl , $2 \left\{ \begin{smallmatrix} \text{Al}_2 \text{O}_3 \\ \text{Na}_2 \text{O} \end{smallmatrix} \right\} 2 \text{Si O}_2$, der, zu Schmucksteinen verarbeitet, sich in der Trümmerstadt Tiahuanaco und im Totenfelde von Ancon bei Lima findet, als Beweis für starke Chlormengen früherer Vulkaneruptionen in Südamerika anführen; ebenso wenig als die Spuren von Salzsäure, die sich in den Gesteinen des Vulkanes Yate (42° S. Br.) finden.

² In der Nähe von Pica und Matilla, auf der sogen. canchones, wird nach Wegräumung der Salzdecken Luzerne angebaut.

ihnen vergesellschaftete Steinsalz auch sein Chlor erst aus den dortigen jetzigen Vulkanen erhalten haben, was doch den thatsächlichen Verhältnissen nicht entspricht.

Zur Sedimentbildung auf nassem Wege mit vorheriger Auslaugung der Sublimationsprodukte gehören grössere Quantitäten von Wasser, als dort zur Action gekommen sind, und dann müssten die Absätze auch mehr Conformität mit den Gesetzen der Löslichkeit zeigen und sich in grösserer Ruhe vollzogen haben, als es der Fall gewesen ist. PISSIS selbst bezeugt den Mangel dieser Ruhe ausdrücklich. Ebenso wenig finden sich in den Sedimenten grössere Mengen anderer leichtlöslicher, vulkanischer Sublimationsprodukte, die doch vorhanden sein müssten.

Die Herkunft des Jodes erklärt PISSIS nach dem Vorgange BOUSSINGAULT's aus jodhaltigen Quellen, die aus krystallinischen Gesteinen entspringen. Nach diesem treten solche hervor aus Porphyry bei Matasano, aus Conglomerat, unterlagert von Syenit, bei Guaca, aus Amphibolit, eingelagert in Syenit, bei Salina, aus Trachyt bei Ambi in den nördlichen Anden. Auch bei Medellin trifft man viele Jodquellen. Damit ist jedoch durchaus noch nicht bewiesen, dass die Quellen ihren Jodgehalt nicht aus Mutterlaugen, die sich in jene Gesteine einführten, beziehen. Dieses wird aber im Gegenteil zur Gewissheit, wenn man die weitem Bestandteile der Quellwasser genauer betrachtet. Diese sind nämlich nach BOUSSINGAULT selbst Chlornatrium, Natriumsulfat, Chlormagnesium, Chlorcalcium und Natriumbicarbonat.

Das sind doch leibhaftige Mutterlaugensalze mit einem Derivat, welche nicht zu den notwendigen Bestandteilen der Schiefer etc. gehören, sondern erst durch Infiltration von höhern Punkten hineingelangt sind. Bor und Brom ist vielleicht nicht in ihnen vorhanden, aber Lithium wird wohl nicht ganz fehlen.

Die directe Beschaffung des Jodes aus Gesteinen ist demnach unhaltbar.

Das kohlensaure Natron lässt PISSIS aus den Basen des Feldspates ebenfalls hervorgehen, ohne diesen Vorgang weiter zu erläutern, und die Salpetersäure aus elektrischen Entladungen entspringen.

Gegen letztere Ansicht spricht unter andern die nur locale Verbreitung der Nitate, wie MUNTZ und MARCADO² bemerken. Ich lasse deren Aufsatz auszugsweise später folgen, da auch sie die Bildung von Nitraten nur auf Einwirkung von animalischen Substanzen zurückführen.

² C. r. CI, 65.

Den öfters beobachteten grössern Gehalt der Muldenränder erklärt Pissis folgendermassen:

„In den tiefern Mittelpartien, wo sich die Pluvialwasser sammeln, kommen diese in hinreichender Menge zusammen, um das Nitrat zu lösen, und es durch Infiltration absorbieren und in dem Boden verschwinden zu lassen.“¹

Was aber die Lösung betrifft, dürfte wohl gerade das umgekehrte der Fall sein. Die äusserst wenigen atmosphärischen Wasser werden überall da, wo sie auffallen, bezw. durch die salzige Decke eindringen, soviel Nitrat lösen, als sie können, auf ihrem Wege nach dem Centrum aber desto weniger mehr aufnehmen, je länger dieser Weg ist, weil sie sich bei jedem Schritte nach unten mehr sättigen und Chlorüre von Calcium und Magnesium, mit denen sich Natriumnitrat nicht in Solution verträgt, aufnehmen. Jedenfalls langen sie bei ihrer verhältnissmässig sehr geringen Quantität fast oder ganz gesättigt im tiefsten Punkte an und lösen dort keinen Salpeter mehr, so dass bei längerer Dauer derartiger Vorgänge sicherlich die Randpartien mehr Verlust erleiden, als die Mittelpartien und demnach ärmer als diese sein müssten.

Bei salitreras mit undurchlassendem Liegendem würde das natürliche Endresultat eine Accumulation vom Gesamt-Nitratgehalt im Tiefsten bei salpeterarmen Rändern sein; bei solchen mit durchlassendem Boden müsste jedenfalls das Nitrat der Ränder zuerst verschwinden, und der letzte Rest im Innern unten anzutreffen sein.

Solche Fälle dürften aber in dem regenlosen Gebiete, dem die Salpeterfelder angehören, doch nicht zu den häufigen zählen, und sind in der That nur wenige salitreras bekannt, bei denen eine Einwirkung von süssem Wasser in dem angedeuteten Sinne stattgefunden haben mag. Es sind die von Cachiyuyal und die beiden benachbarten kleinen Baron und Gonzales. Diese beiden zeigen im Centrum einen hohen Nitratgehalt und bei der ersten nimmt der schwache Nitratgehalt (unter 25 %) der Mittelpartien nach der Peripherie hin ab.² Die Haupt-Salitrera liegt allerdings im alten Flussbett des nur 9 Meilen weiter westlich an dem bei Taltal ins Meer mündenden trockenen Rio de Cachiyuyal, und in dieser Lage hat die Einwirkung einer grössern als dort gewöhnlichen Feuchtigkeitsmenge die grösste Wahrscheinlichkeit für sich.

¹ S. 16 seines Berichtes.

² S. 19 ib.

Nach dem Berichte von J. R. MARTINEZ ist der Untergrund (dessen Beschaffenheit PISSIS nicht angiebt) total undurchlassender Thon, und im Liegenden desselben finden sich, wie auch SIEVEKING erwähnt, Süßwasserquellen auf der Thalsohle. Die beiden kleinen salitreras liegen am Abhang einer Hügelkette, die jedenfalls atmosphärische Feuchtigkeit condensiert und in das alte Flussbett herabsickern lässt.

Hierdurch wird vollkommen die im Vorigen ausgesprochene Meinung über den Effekt von eindringenden Wassern bestätigt, während die Deutung des grössern Gehaltes der Muldenränder an Nitrat durch PISSIS vermittelt Thätigkeit atmosphärischer Wasser mit allen Beobachtungen im Widerspruch steht und mit chemischen Erfahrungssätzen collidiert.

Nach Vorstehendem bleibt von der ganzen Hypothese PISSIS nur übrig die Möglichkeit, dass dort angetroffener Gips teilweise aus der Feldspatzersetzung entstanden ist.

Ansicht von Muntz und Marcado.¹

Salpeterhaltiger Boden ist überhaupt in den tropischen Ländern häufig. In den Terrainproben von Venezuela, welche aus den Vorbergen der Cordilleren, aus den Thälern des Orinocobassins und dem Ufergebiet des Antillenmeeres stammen, findet sich stets Kalkcarbonat und -Phosphat.

Besonders häufig sind Salpetererden in der Umgebung von Höhlen, die Vögeln und Fledermäusen als Zufluchtsort dienen.

Förmliche Guanolager bilden sich in solchen Höhlen, und der Guano verbreitet sich von da in die Umgebungen, wo er mit Hilfe hoher Temperaturen und lebhaftem Luftzutritt alles nitrificierbare rasch angreift und seine Thätigkeit bisweilen auf mehrere Kilometer Entfernung erstreckt. Millionen von Kubikmetern dieser Substanz, bestehend aus Insectenresten (Flügeldecken, Schmetterlingsschuppen etc.) sind da angehäuft und lassen Nitratlager um sich entstehen. Namentlich ist es zerfliesslicher Kalksalpeter, der den Boden hie und da in eine plastische Masse verwandelt.

¹ C. r. CI, S. 65. (Juli 1885.)

So enthielt

Guano aus dem Innern der Höhle von Margarita bei Agua Blanca:
Organischen Stickstoff 11,74 %; Kalknitrat 0,00; Phosphorsäure 3,68.
Erde von ausserhalb

der Höhle	2,41	„	3,03	„	1,15.
Erde weiterab der					
Höhle	0,80	„	10,36	„	6,10.

Anderwärts kommen bis 30 % Kalknitrat im Boden vor.

Die Nitrification kommt zustande unter dem Einfluss von mikroskopischen Organismen, ähnlich denen, die SCHLOESING und MUNTZ in dem Boden der gemässigten Zonen aufgefunden haben; nur sind die der heissen Zonen grösser.

Als Beweis für die animalische Herkunft der Salpetersäurebilder führen dann MUNTZ und MARCADO die Gegenwart der Phosphorsäure an, bemerken aber zugleich, dass wenn das Nitrat gelöst, fortgeführt und irgendwo anders abgesetzt wird, die Phosphate, weil schwer oder gar nicht löslich, zurückbleiben, und sagen dann: „Wir werden diese Thatsache auf die Theorie der Bildung der Natronsalpeterlager anwenden.

Der atmosphärischen Electricität, deren Energie in den tropischen Regionen sehr gross ist, so dass auf dem Wege ihres Funkens allerdings eine Vereinigung von Stickstoff mit Sauerstoff zustande kommt, können wir, trotzdem ihr bisher so häufig die Bildung von Salpetersäure aus den Gasen der Atmosphäre zugeschrieben wird, hierbei keinen Anteil zuschreiben. Die Thatsache, dass die Nitrate nur locale Bildungen sind, und die Gegenwart von nitrificierenden Elementen, sowie die sich noch unter unsern Augen vollziehenden Processe der Art lassen keinen Raum für die Hypothese der Intervention von Electricität bei der Entstehung von Salpeter. Die bei Gewittern producierte Salpetersäure kommt nur den Pflanzen zu gute, die den Tieren als Nahrung dienen“.

Hiernach scheinen MUNTZ und MARCADO anzunehmen, dass der Chilesalpeter seine Phosphate irgendwo anders zurückgelassen, und erst nachträglich in Form von Lösung in die Mulden gelangt sei. Dagegen spricht aber der ganze Charakter der Sedimente, die Unruhe und Ungleichmässigkeit derselben, sowie viele andere schon erwähnte Eigentümlichkeiten, die sich nur durch eine Bildung in situ deuten lassen. Zudem macht das Auffinden der Phosphorsäure in den Caliche-lagern dieser Hypothese ein Ende.

Als Anhang hierzu muss ich eine andere Ansicht von SACC¹ kurz anführen.

Derselbe leitet eine ausgedehnte Kalisalpeterfundstätte bei Arané, östlich von Cochabamba, welche neben andern Salzen auch Borax enthält, so ab, dass er sagt, die Ammoniaksalze des Bodens wären in Gegenwart der Alkalien, die aus der Zersetzung des Schiefer des Felsengrundes in Salpetersäure übergegangen, hätten dann Kalium- und Natriumnitrat gebildet, von denen nur das erste durch Capillarität an die Oberfläche gelangt sei, wogegen das letztere, seiner Zerfliesslichkeit wegen, eingedrungen sei und nun an der Küste erscheine, dort den caliche formierend. SACC sagt: „der Natronsalpeter der Küste stammt in seiner Gesamtheit ab von den Auslaugungen von Salpeterlagern der Montagne“.

Man sieht, dass in Verbindung mit der vorigen Ansicht, nach welcher die geringen Mengen Phosphorsäure auf der Wanderung des Nitrates zurückbleiben, die Erklärung annehmbar erscheinen könnte, wenn überall in den Anden bedeutende Kalisalpeterformationen sich nachweisen liessen, die Nitrate auf langem Wege durch die Erde nicht zersetzt würden und nicht in Atacama und Tarapacá Begleitsalze mit ihnen aufträten, die eine lange unterirdische Wanderung von fern her notwendigerweise ausschliessen. Und wo existieren denn in der Cordillere von Atacama organische Materien, die den Stickstoff der Salpetersäure liefern konnten und bei welcher Temperatur sollte eine Nitrification da stattfinden? Man müsste für die Cordillere von Atacama annehmen, dass dortige Kaliumnitratlager erst nach ihrer Bildung gehoben wären; aber die sollen doch erst noch aufgefunden werden.

Zudem entnimmt auch der natürliche Kalisalpeter seine Basen nur Mutterlaugensalzen, wie sich für Ungarn und Ostindien speciell leicht nachweisen lässt; und eben derselbe Fall scheint bei Arané eingetreten zu sein, wie das mit dem Nitrat vorkommende Borat beweist. Die ganze Lagerung des caliche beweist jedoch, dass er da an Ort und Stelle gebildet worden und nicht schon fertig aus der Tiefe emporgestiegen oder von den Abhängen heruntergeflossen ist; denn dann müsste er auch seine Begleiter, darunter die Borate, zurückgelassen haben.

Da auch in einem andern Bericht über die Mineralschätze von Atacama² ausdrücklich auf Feldspatzersetzung hingewiesen wird, so

¹ C. r. XCIX, 15. Juli 1884.

² JRON 1878, XL, 451.

möge derselbe hier folgen. Er besagt: Salpeterlager kommen zerstreut in dem centralen Teil der Atacamaküste eines jetzt gehobenen, ehemaligen Flussgebietes, welches sich von 16° 30' (soll wohl heissen 18° 30'! C.O.) bis zu 24° S. B. erstreckt vor; 6—8 derselben werden gegenwärtig bearbeitet. Die Werke der Callejas-Compagnie liegen in einer von Hügeln und Bergen umgrenzten Ebene, das Bett des ehemaligen Sees, dessen Centrum von einer dünnen Salpeterlage überdeckt ist, deren Stärke gegen die Höhe hin zunimmt. Am Nordrande des Beckens variirt die Dicke von 1—2,5 m. Das dichte und gelbliche Mineral enthält beträchtliche Quantitäten von Natriumsulfat und Kochsalz und im Durchschnitt 23—30% Salpeter.

Das Liegende wird von einem ziemlich harten gipshaltigem Conglomerat gebildet. Die Nitrification des zersetzten, die Oberfläche bedeckenden Feldspates findet noch statt.

Analysen von atacamenischem caliche ergaben:

	Aguas Blancas		Pampa de Larandros		Baron	Pampa de Guzman	Pampa de Cachinal	Atacama nach Domeyko	
Natriumnitrat . .	14	5	35	17	27,0	12	32	27,98	24,36
Natriumsulfat . .	51	68	11	6	3,5	9	10	8,46	4,95
Calciumsulfat . .	—	—	—	—	—	9	6	3,41	—
Aluminiumsulfat .	3	6	1,5	2	2,5	8	—	—	—
Magnesiumsulfat .	—	—	—	3	—	—	—	—	—
Chlornatrium . .	22	9	2,5	6	18,0	6	22	23,00	53,65
Unlösliches . . .	9	9	51	64	4,7	53	23	14,70	9,80
Wasser	—	1	—	—	—	1	1	22,45	7,30

Die Salpeterlager häufig begleitend und überdeckend findet sich der an organischen Substanzen reiche Guano.“¹

Aus Vorstehendem erhellt, dass der Verfasser des Berichtes den Eindruck erhalten hat, als sei der entsprechende Teil von Atacama ein Flussgebiet gewesen, was mit dem Herabströmen von grossen Massen Salzlösungen sehr wohl übereinstimmt.

Weiterhin wird die Anwesenheit von Guano bestätigt und in den Analysen das Vorkommen von gipsfreiem Natronsalpeter, aber auch in den sechs ersten das sonst seltene Auftreten von Aluminiumsulfat, also eine Alaunbildung, wie sie auf S. 138 erläutert wurde, und diese mag mit der behaupteten Zersetzung des Feldspates zu-

¹ WAGNER, Jahresb. 1878, 443.
Ochsenius, Natronsalpeter.

sammenhängen. Da das alaunhaltige Salzgemisch aber zugleich verhältnissmässig recht nitratarm ist (s. die Analysen), so bestätigt dieses Factum die auf S. 139 besprochene Zerstörung von Natriumcarbonat, das die nitrificierende Base liefert, durch Alaunsalze.

Allerdings liefert Feldspat bei Zermahlung in Gegenwart von Wasser freie Alkalien, aber ein solcher Fall liegt hier nicht vor, sondern nur eine Verwitterung und wenn man auch die Production von freien Alkalien zugeben wollte bei Verwitterung für Atacama, so würde sich die Salpeterbildung über das ganze Gehiet, wo nur irgend feldspatiger Detritus mit Guano in Berührung gelangte, erstreckt haben; wollte man weiterhin auch annehmen, dass die Mutterlaugensalze ganz unabhängig von dieser Salpeterbildung von der Cordillere herabgeströmt seien und erst auf der Hochebene den dort gebildeten Salpeter vorgefunden, aufgelöst und weiter transportiert hätten, so müssten alle die jetzt vorhandenen Mulden eine gewisse Gleichförmigkeit in der Aufeinanderfolge und räumlichen Aneinanderreihung der Salze zeigen, was durchaus nicht der Fall ist; da ferner die Mutterlaugen nachweisbar nicht das ganze Terrain gleichmässig bedeckt haben, so müssten Strecken existieren, die einen gleichmässig vertheilten Salpetergehalt ohne irgend eine Beimischung eines andern marinen Salzes besitzen; aber auch dieses ist nicht der Fall. Das Nitrat findet sich stets mit Kochsalz und andern Chloriden und Sulfaten oceanischer Abstammung, welche nicht aus Feldspatdetritus entstanden sein können, wie schon bei der oben abgehandelten Hypothese Pissis klargelegt wurde.

Hypothese L'Olivier.

V. L'OLIVIER⁴ glaubt, dass die Schichten des Salpeters durch Verdampfen von Seen gebildet worden sind. Der Salpeter setzte sich zuerst ab, während die Mutterlauge sich an Kochsalz anreicherte und später zum Teil schwimmende Kochsalzkrusten lieferte. Eine Erdbewegung hat endlich die Mutterlaugen mit den Kochsalzkrusten fortgeführt, welche letztere sich an den Hindernissen, die sie antrafen, festsetzten und heute lockere, wenig Widerstand leistende Bänke (Salares) bilden. Die Mutterlaugen selbst sammelten sich in den Vertiefungen und hinterliessen nach dem Verdunsten feste Chlor-

⁴ C. r. Novbr. 1875.

natriumschichten. Spätere Alluvionen von der Cordillere bedeckten hierauf alles mit Sand und bildeten die costras.

Wenn nun auch nicht geleugnet werden darf, dass lockere Steinsalzkrusten unter gewissen Umständen auf Soole schwimmen können, wie es z. B. auf dem Salzsee Bahr-Assal in Abyssinien der Fall ist, so ist es doch schwer, sich aus Vorstehendem ein Bild zu entwerfen, das einigermaßen der Wirklichkeit genügt; die Gips-schichten unter und über dem Nitrat und die Borate haben doch wohl nicht auch geschwommen und die Seen, welche verdampften, welche Salze enthielten sie und woher stammten diese? woher kam die Sal-petersäure? etc. etc.

Schlussbetrachtung.

Dass alle diese Theorien, Erklärungen und Hypothesen an unheilbaren inneren Gebrechen leiden, ist eine sehr natürliche Folge des Mangels einer naturgemässen und einfachen Lösung des Rätsels der Bildung von Steinsalzlagerstätten. Durch diese Lösung und aus deren Folgen ergibt sich die Existenz von Mutterlaugen und von concentrirten Salzsolutionen, die auf grosse Höhen über das Meeresniveau gelangen können. Die Mutterlaugen (im weitern Sinne) treten somit als ausserordentlich bedeutsames geologisches Agens auf; denn nicht bloss zur Bildung von Natronsalpeter haben sie Veranlassung gegeben; aber so lange man nicht wusste, wovon man den Ursprung der salinischen Gewässer, deren Wirkungen unverkennbar waren, ableiten sollte, war man genötigt, auf den freien Ocean zurückzugehen, und da hierbei allzuviel Unwahrscheinlichkeiten an's Licht traten, griff man zu andern Erklärungsweisen, die aber ebenso wenig leisten konnten.

CARL DU PREL sagt:¹ „Die Geschichte der Wissenschaften zeigt, dass die einfachsten Theorien immer die letzten sind, während sie doch die ersten sein sollten, wenn sie die geringste Denkkraft erforderten und es am leichtesten wäre, gerade auf sie zu verfallen. Aber der geringste Aufwand an Logik, der die Hypothesen auszeichnen muss, soll ja möglichst viel d. i. die vollständige Erklärung leisten, darum sind die einfachsten Hypothesen wahrhaft genial und auch historisch die letzten.“

Dass sie historisch die letzten sind, ist allerdings oft, aber keineswegs immer richtig; die einfachste Theorie wird meistens die richtige sein und somit jede Veranlassung zur Bildung von weiteren Hypothesen ausschliessen; dass aber die einfachsten und richtigen Theorien nach DU PREL's Meinung eigentlich die ersten sein sollten, widerstreitet in vielen Fällen dem natürlichen Lauf unserer Erkenntniss und der Erfahrung. So lange nicht eine hinreichende

¹ Zeitschr. Kosmos, 5. Jahrg. 2. Bd. 1881, S. 89.

Menge von Thatsachen und deren Erklärungen gesammelt und bestätigt sind, kann auch keine endgültige Theorie von complicierten Erscheinungen geschaffen werden, und zu Sammelarbeiten und eingehenden Studien der obwaltenden Verhältnisse gehört eben viel Fleiss; also kann auch erst nach dem Verlaufe eines wohl nur selten kurzen Zeitraumes eine einstweilig brauchbare, wenn auch nicht gerade erschöpfende Hypothese aufgestellt werden, die sich weiterhin durch Vermehrung des Beobachtungsmaterials, welche von irgend einer Seite erscheinen kann, erweitert, reconstruiert oder auflöst, um einer andern Platz zu machen; aber alles dieses nimmt Zeit in Anspruch.

Wäre z. B. die vollständige Erklärung der Bildung von Steinsalzlagerstätten im vorliegenden Falle nicht vorangegangen, so würde auch heute noch eine einleuchtende Theorie der Genesis des Natronsalpeters unmöglich sein.

DU PREL fährt hierauf fort:

„Der geringste Kraftaufwand bei wissenschaftlichen Theorien ist also nicht in der Denkkraft des Erzeugers zu suchen, sondern nur auf Seite des Lesers, dessen Geist einen angenehmen Eindruck erhält, wenn ihm nicht nur die Erklärung des Phänomens überhaupt geliefert wird, sondern auch noch die einfachste Erklärung. Es wäre ganz falsch, diese Lustempfindung aus Denkfaulheit abzuleiten; es beruht vielmehr auf der instinctiven, aber festen Überzeugung, dass die Einfachheit das Siegel der Wahrheit ist.“

Einfachheit wäre gewiss der in dieser Schrift behandelten Erklärung der Entstehung des Chilesalpeters nicht abzusprechen, wenn man dieselbe in die wenigen Worte zusammenfasst:

„Mutterlaugensalze mit dem aus ihnen durch Vulkanismus hervorgegangenem Natriumcarbonat kamen von den Anden, gelangten vor der Küstencordillere in dem regenlosen Gebiete von Atacama und Tarapacá zum Stehen und mit eingewehtem, phosphorsäurearmem Guanostaub in Berührung.“

Erscheinungen und Theorie derselben decken sich hierbei vollständig.

Der obige Satz „simplex sigillum veri“ behält aber dennoch hier wie in vielen andern Fällen nur scheinbar seine Richtigkeit.¹ Um

¹ Ich erinnere dabei nur an die Einfachheit des Ptolomaeischen Planetensystems, welche schon in dem ägyptischen einen starken Stoss erhielt, in dem Kopernicanischen und dem von Tycho immer mehr schwand und in dem jetzigen nicht leicht mehr aufzufinden ist.

zu dem einfachen Endresultat d. h. der vorstehenden Erklärung zu gelangen, bedurfte es mannigfacher Beweise und Erläuterungen anderer Thatsachen.

Hierhin gehören die Bildung der Steinsalzlager, Production von Mutterlaugen, Conservierung von Resten derselben, Hebung von Salzflötzen mit solchen Überbleibseln in die höhern Regionen der Anden, Herabfliessen dieser zum Teil in Natriumcarbonat verwandelten Reste in tiefer gelegene Landstriche, Einwehung des Küstenguanos und dadurch erzeugte Nitrification.

Aber glücklicherweise sind diese Erläuterungen keine Hülfs-hypothesen, die zur Stützung einer Haupthypothese dienen sollen und den Wert dieser in demselben Masse verringern, als ihre Zahl wächst, sondern es sind nur Erwähnungen von bekannten Sachlagen, die sich von selbst in den allgemeinen Rahmen der Gesamtverhältnisse leicht und ungezwungen einfügen.

Anhang.

Noten.

1. Äusseres der Nitratgegenden. Zu S. 11.

H. RECK vergleicht den ersten Eindruck der Salpetersiedereien von Tarapacá auf einen Fremden mit dem Bilde einer mittelmässigen Fabrikstadt, durch ein Erdbeben in Ruinen und Schutthaufen verwandelt, welche labyrinthartig nur noch aus umhergeworfenen Stein-, Koth-, Lehm- und Aschenhaufen bestehen, so dass keine Spur von Häusern zurückgeblieben, an deren Stelle provisorische Not- hütten mit flachen Dächern aus Matten, Segeltuch, Leinwandfetzen, Blechtafeln, Brettern und andern Materialentrümmern notdürftig angefertigt sind, zwischen denen hier und da noch Rauchsäulen und Flammen aus den Aschenhaufen, sowie auch noch einige thätige und unthätige Rauchfänge von Siedereien emporsteigen.

Aber RECK vergisst den Zustand der Atmosphäre; glühend vibrirende Hitze oder dichter Nebel oder wütende Staubstürme, welche die feinen Salztheile alles durchdringen machen; verzehrende Trockenheit, absolutes Fehlen von Vegetation und ein continuirliches Missbehagen, das durch einen Überfluss von electrischer Spannung zum höchsten Masse gesteigert wird, herrschen dort jahraus jahrein.

Zu gewissen Zeiten bringt jede Berührung der Haare nach Sonnenuntergang ein Funkenmeer hervor, und ein Strich über den Rücken eines Hundes rück- oder vorwärts, hüllt diesen in ein Feuermeer ein. Ähnliche Erscheinungen werden ja häufig auch in andern subtropischen, trockenen Gegenden beobachtet, z. B. in der nördlichen Sahara.

Die freien Lasttiere halten sich in den wasserlosen Salpetergegenden Süd- americas stets in der Nähe der menschlichen Wohnstätten („Wohnungen“ kann man kaum sagen) auf, weil sie nur da Wasser zum Löschen ihres Durstes vom Menschen zu erwarten haben. Kein Gegenstand organischen Ursprungs entgeht ihren Zähnen; sie benagen und verzehren alles, was ihnen vorkommt, Segeltuch, Matten, Hobelspähne, Bretter, auch Kohlenstückchen etc. Verfasser sah sie häufig genug sich im angegebenen Sinne sogar mit Sardinenblechbüchsen, in denen noch Ölreste waren, beschäftigen.

Alles dies ist durchaus nicht angethan, Interesse für rein wissenschaftliche Ziele, welches etwa neu eintretende Techniker dorthin mitbringen, zu conservieren. Das mitgeführte Quantum besten Eifers geht meist schon während der ersten Aklimatisation total verloren.

Excursionen in die Umgegend rufen nur den Eindruck eines Cadavers hervor und so ist die Art der Existenz dort nicht mit dem Ausdruck „Leben,“ sondern nur mit „Vegetiren“ zu bezeichnen.

Wenn auch das Klima von Atacama nicht zu den ungesunden zu zählen ist, so nimmt das Gewöhnen an Trinkwasser, das durch Destillation hergestellt wird, längere Zeit in Anspruch, selbst wenn man es mit alkoholischem Getränk vermischt.

Verfasser war genötigt, bei seinen Reisen in Atacama anfänglich Quellwasser von Valparaiso für seinen persönlichen Gebrauch mitzuführen, um nicht durch Eintreten von ausserordentlich schwächender Ruhr unfähig zu bergmännischen und geologischen Untersuchungen zu werden.

New-Yorker Seeleute, welche jene Gegenden kennen gelernt haben, behaupten in ihrem Missmut, dass jeder, der fünf Jahre dort fern von einem Hafen zubringe, hierdurch den Anspruch erwerbe, lebenslänglich mit gutem Gehalt als Sehenswürdigkeit in BARNUM'S Museum aufgenommen zu werden.

2. Heisse Wasser in Höhlungen. Zu S. 50.

In der Julia-Mine im Comstock-Revier in Nevada, Nordamerica, wurde am 23. Juli 1879 in 2000' Teufe ein solches Reservoir kochend heissen Wassers angebohrt, das die dabei beschäftigten Arbeiter in äusserste Lebensgefahr brachte, nach und nach die Strecken überschwemmte und nicht einmal durch sämtliche Pumpen bewältigt werden konnte, sondern für längere Zeit noch stetig im Steigen blieb.

Virginia Chronicle 24. Juni 1879. Saltlake City Trib. 5./8. 79.

3. Gesteinszertrümmerung. Zu S. 90.

Den Sulfaten, die in der Sahara vorkommen, wird von BRUN¹ noch eine Rolle zugeteilt, die aus chemischen Einflüssen und mechanischen Wirkungen combinirt ist, nämlich die der Gesteinszertrümmerung.

In der höchsten der drei Sahara-Regionen (1. Hamada, verbrannte, trockene Flächen ohne Wasser, ohne Vegetation, unbewohnbar und unbewohnt, 2. Dünenregion mit unterirdischen Wasseransammlungen und Oasen, 3. Schotts oder Sebchas, im Sommer mit Salzkrusten und feinem Thonschlamm, im Winter von Wasser bedeckt), finden sich neben Alabasterblöcken eine grosse Menge von Kieseln mit sehr scharfen Rändern; ja zuweilen trifft man zwei Stücke nebeneinander, die offenbar früher ein Ganzes bildeten, das sich manchmal sogar als ein Gerölle erweist. Weder einzelne Regentropfen auf die von der Sonne erhitzten Kiesel, noch electriche Entladungen und noch viel weniger Pferdehufe rufen diese Zertrümmerungen der harten Kiesel hervor.

BRUN gibt folgende Erklärung: Der algierische Saharasand besteht aus Quarz, Alabaster und Mergel mit Salzteilen. Proben der Gegend zwischen Oued Djelah, Temacinn, Tuggurt und Biskra ergaben:

Kiesel	72,860	
Gips	19,843	
Thonerde (unlöslich) .	3,060	
Kalkcarbonat	1,070	} ? wohl nicht zusammen denkbar auf die Dauer. (O.)
Eisenoxydulsulfat . .	0,949	
Magnesiicarbonat . .	0,700	
Thonerdesulfat . . .	0,535	
Organische Substanz .	0,770	

¹ Arch. Sc. phys. et naturelles III, p. 329.

Indem nun die Quarzkörner brennglasartig auf die Alabasterfragmente wirken, werden solche mehr oder weniger calciniert, und ihr feinsten Staub (der sogar doppelt eingehüllte Uhren beschädigt) dringt bei dem herrschenden Wind mit dem Thonalaun in die feinsten Risse der Kiesel, worauf dann die Feuchtigkeit des starken Nachtthaues sich mit dem eingedrungenen verbindet, die Krystallisationstendenz der gebildeten Hydrate die Sprünge erweitert und die für lange Zeiträume sich stetig folgende Wiederholung der Vorgänge die endliche Zertrümmerung bewirkt.

Die Gegenwart von Natronsulfat, das an manchen Stellen im Sande beobachtet wird, begünstigt noch die Wirkung der vorhin erwähnten Agentien, deren Verhalten mit Gefrieren und Thauen des Wassers verglichen werden muss.

In Marocco zwischen dem Atlas und dem Atlantischen Ocean finden sich dieselben terrestrischen und atmosphärischen Verhältnisse, aber im Sande fehlt Gips und Thonalaun, und deshalb trifft man keine gesprungenen Gerölle dort an; sie haben ihre Form erhalten.

Dieser letzte Umstand wirft allerdings ein Gewicht in die Wagschale der ausserdem nicht allzugrossen Wahrscheinlichkeit des erwähnten Herganges, wie denn auch die Combination der Elemente in Basen und Säuren der Analyse wohl nicht correct ist.

Gesteinszertrümmerungen als überraschendes Resultat der tropischen Sonne sind von LIVINGSTONE und andern erwähnt worden. LIVINGSTONE erzählt in seinem neuesten Reisewerke, dass er am Westufer des Nyassa-Sees beobachtete, wie die Steine am Tage so erhitzt wurden, dass sich selbst nach Sonnenuntergang niemand darauf niedersetzten konnte. Infolge der raschen nächtlichen Abkühlung und Zusammenziehung der äussern Schichten des Gesteins springen diese ab. Der Reisende hört dann deutlich im Lager den Donner der abgesprengten Stücke, wie in einem Steinbruch, und wenn er sich die Mühe gibt, die einzelnen Stücke wieder zusammenzusetzen, so sieht er, dass ihre Bruchflächen genau aufeinander passen.

WETZSTEIN erfuhr ähnliches auf seiner Reise durch das von ihm entdeckte vulkanische Gebiet östlich von Damascus. Im Sommer wird die Glut dort so stark, dass die schwarzen Steine mit einem lauten Knall in Stücke springen.

Die Sonne kann also im heissen Erdgürtel eine beachtenswerte destructive Wirkung auf die Gesteine ausüben, und man wird vielleicht keinen zu kleinen Anteil an der gewaltigen Gesteinszertrümmerung auf den Plateaus der südalgierischen Sahara, wie sie von VATONNE und DUVEYRICE geschildert wird, dem ausserordentlich raschen Temperaturwechsel zuschreiben dürfen. PETERMANN 1866, VIII, 309.

Derselbe Vorgang greift in Atacama Platz. Wenn man mit Aufmerksamkeit die Steinstückchen untersucht, die überall massenhaft den Boden bedecken, so bemerkt man, dass ihre Kanten und Ecken meist so scharf sind, als seien sie erst vor kurzem aus frischen Stücken mit dem Hammer herausgeschlagen. Dabei haben die Felsen selbst oft höchst groteske Figuren; man glaubt Ruinen, Mauerreste mit Fenstern, Säulen u. dergl. zu sehen, Formen, die grell gegen die abgerundeten Linien der Hügel abstechen.

Die Massen der Gesteinstückchen und die so fremdartig erscheinenden Gebilde entstehen aus der Zerstörung der plutonischen Felspartien. Während die Hügel im Allgemeinen nach und nach in gleichmässiger Weise von den Ver-

witterungsproducten bedeckt wurden, widerstanden einzelne härtere Gesteinspartien länger und ragen nun in so auffallender Art über den Boden hinaus.

Die Hauptursache dieser eigentümlichen Zerstörung ist in der steten Wiederholung starker Temperaturwechsel zu suchen. Am Tage erwärmen sich die Felsen unter fortwährendem Sonnenschein bis zu 50° und darüber, in der Nacht dagegen kühlen sie sich rasch ab, im Sommer auf $2-3^{\circ}$, im Winter häufig bis unter 0.

Durch fortgesetzte Ausdehnung und Zusammenziehung bilden sich Risse auf der Oberfläche nach allen Richtungen hin und so geht die Auflockerung des Zusammenhanges immer weiter. Manche Felsen auf den Hügeln spalten sich in Lamellen, die sich wie die Blätter eines Buches öffnen; in seltenern Fällen findet die Bildung concentrischer Schichten statt, die sich nach und nach ablösen, und so geht dieser Zerkleinerungsprocess ohne grosse sichtbare Hilfe atmosphärischer Feuchtigkeit unaufhaltsam vorwärts.

Eine Auflockerung und Trennung in kugelförmige Gestalten und Schalen, wie sie in ausgezeichneter Weise am sog. Kugelbasalt des Habichtswaldes bei Cassel zu sehen ist und auch an einem Leucitfels der Rocca Monfina in der Nähe von Neapel vorkommt, findet sich ebenwohl stellenweise am Granit von Mejillones ganz ähnlich wie an einem Granit in Calabrien, und am Trachyt, der den Rand der Höhe von Pingopingo bei Tilopozo in Atacama bildet.

Alle diese Erscheinungen sind, was Chile betrifft, schon von D'ORBIGNY (der sie aber wunderbarer Weise von Erdbeben ableitet) und DARWIN beobachtet und von PHILIPPI, PISSIS und andern Forschern bestätigt und richtig erkannt worden.

Auch der Sand rührt weniger von marinen Sedimenten als vielmehr von der Verwitterung der sandigthonigen Gesteine her, wie das ja ebenfalls von der Sahara bekannt ist.

4. Sandstürme. Zu S. 96.

Bekanntlich kämpft an der africanischen Westküste in der Breite der Capverdischen Inseln der Ocean gegen die Wüste; aber weder Strömungen, noch Stürme, noch Wellenschläge verschaffen ihm den Sieg; die Sahara rückt langsam aber stetig gegen ihn vor, ohne wie die Dünen des Festlandes Reste des Verschlungenen später wieder herauszugeben. Diese Erscheinungen gehen meist langsam vor sich, und nur zuweilen rasch. Dass Caravanen in der Sahara vom Sande begraben werden, ist ja bekannt; dass aber anderswo sogar Locomotiven darin verloren gehen, dürfte weniger häufig sein. So verschwand z. B. 1878 eine Locomotive im Trieblande von Kiowe-Creek im Gebiete der Rocky-Mountains, welche wahrscheinlich vom Geleis geweht und unter dem Sande vergraben wurde.

Die Kansas-Pacific-Eisenbahnverwaltung forschte 1881 geraume Zeit sogar nach einem ganzen vermissten Zuge und hat erst, nachdem sie 2500 Fuss ausgegraben, die Nachforschungen eingestellt. Etwa 400 Miles westlich von Kansas-City läuft das Geleise durch eine Gegend, Monotony, die vor einiger Zeit von einem furchtbaren Unwetter heimgesucht wurde, wodurch 800 Fuss Geleise verloren gingen. Die ganze riesige Prairie stand 8 Fuss hoch unter Wasser und man vermutet, dass Locomotive und Wagen des verschwundenen Güterzuges weggeschwemmt und unter einem Erdrutsch begraben wurden.

5. Electriche Entladungen. Zu S. 114.

M. L. AMAT berichtete s. Z. über solche in der französischen Akademie, dass die electriche Phänomene, die durch die Reibung der Haaroberfläche von Tieren hervorgebracht werden, in tropischen Ländern eine ganz merkwürdige Stärke erreichen, besonders im Norden der Sahara, gegen den 35. Breitengrad. In einer Höhe von 2500—2600 Fuss fand er, dass, indem er einen Kamm durch das Haupt- oder Barthaar zog, electriche Funken von zwei bis drei Zoll Länge hervorgebracht wurden. Das Phänomen trat am deutlichsten zwischen 7 und 9 Uhr abends bei warmem, trockenem Wetter ein. Bei Pferden ist die Wirkung eine noch grössere, und die Haare ihres Schweifes stehen fächerartig von einander ab. Werden die Haare berührt, hört man das Knistern der electriche Funken und bei Nacht sind diese deutlich sichtbar. Nach H. AMAT ist die vom Pferde entwickelte Electricität positiv, wie seine Experimente ergaben, und auch darum stärker als beim Menschen, weil dasselbe durch seine Hornhufe auf einem natürlichen Isolator steht.

6. Tangmassen. Zu S. 129.

Mit der Flächenausdehnung und Mächtigkeit der oceanischen Tangschichten kann sich kein Wald, keine Prärie auch nur annähernd vergleichen.

Ein Tanggürtel, der sich vom südlichen Polarmeer bis nach Kerguelensland an Africa vorbei erstreckt, reicht vom Cap Hoorn aus bis nach Chiloe und nimmt eine Breite von 15 Breitengraden ein bei einer Länge von 180 Längengraden. Einen ähnlichen Reichtum an riesigen Seegewächsen zeigt der nördliche stille Ocean, *Nereocystis Lutkeana* bildet in der Norfolkbai und bei Neuarchangel dichte Wälder; ungeheure Tangmassen finden sich zwischen den Aläuten und Kurilen; eine dem Sargassomeer ähnliche und ebenso grosse Tangwiese treibt auf dem grossen Ocean nördlich der Sandwichinseln etc. Einzelne Individuen sind an 200 m lang und heben grosse Steine, auf denen sie wurzelten, mit in die Höhe.

7. Über sog. Fischfluten. Zu S. 135.

Verfasser hat dieses Factum im südlichen Chile verschiedenemale beobachtet. Meist bei nordwestlichem Winde sieht man in die Buchten statt der gewöhnlichen Wellenreihe eine verhältnissmässig ruhige Wasserfläche eintreten, während man in der Ferne dunkle Wogenlinien bemerkt, die derselben folgen und sich schwerfällig hereinbewegen.

Näher kommend bietet ihre sichtbare Oberfläche dem Auge des schärfer Betrachtenden ein bewegtes Bild dar. Es spritzen fortwährend dünne Wasserstrahlen in die Höhe, die in der Sonne funkeln und glitzern, während die Farbe der Masse selbst ein dunkles reines Grau ist. Langsam wälzen sich die Wälle heran, bäumen in der Nähe des Strandes auf und überschlagen, erheben sich von neuem und brechen am Ufer. Da sieht man dann die verticale Fläche der im Brechen begriffenen Welle zusammengesetzt aus lebenden, silberglänzenden Fischen von etwa 0,5—1 m Länge, zwischen welchen nur spärliche, dunkelgraue oder schwarze Zwischenräume erscheinen. Dumpf dröhnend wirft die Brandung buchstäblich mehr Fische als Wasser auf den Sand, der nach kurzer Zeit stellen-

weise bis zu 1 m Höhe von ihnen bedeckt wird. Die Tiere sind, wenn sie ausgeworfen werden, wenn nicht schon leblos, doch sterbend.

In der Nähe der bewohnten Küstenteile müssen die Cadaver dann durch Menschenhände zur Zeit der tiefsten Ebbe an den Strand hinuntergeschafft werden, damit sie das Meer wieder fortspülen kann, weil die in der Sonnenhitze sonst entstehenden Miasmen gefährlich werden. In den Häfen werden die Sträflinge dazu verwendet, um die Säuberung vorzunehmen.

Die Massen dieser für menschliche Nahrung nur äusserst wenig tauglichen Fische sind so gross, dass sie die Wellenbewegung in ihrem Gebiete verlangsamen, daher die verhältnissmässige Ruhe in der Bucht nach dem Eintreffen der Fischwellen an der Mündung. 1866 und 1868 [waren die Fischfluten besonders stark in den Provinzen Concepcion und Arauco.

Im südlichen Chile ist es meist *Caranx trachurus* LACÉP. (FURELinc.), welche mehrmals im Jahre den Strandbewohnern diese grosse Unbequemlichkeit verursacht.

Im Norden bis nach Caldera hin kommen solche Anspülungen ebenfalls vor, nur ist es da nicht dieselbe Species. Im Januar 1882 verwendete man in jener Gegend die Körper zur Thrangewinnung.

Auch an der mexicanischen Ostküste sind derartige Erscheinungen nicht selten.

A. NUÑEZ ORTEGA berichtet von Vera-Cruz 1877, dass an der Nordküste bei Vera-Cruz eine so enorme Menge von toten Fischen ans Land geworfen sei, dass Menschen und Tiere der Stadt von einer Hustenepidemie befallen wurden, und dass man den entwickelten Schwefel- und Phosphorwasserstoff auch als Ursache des Auftretens von Vomito negro (gefährliche Form vom gelben Fieber) betrachtet habe, weil die Fischleichen nicht von den Aasgeiern, die in jenen Gegenden für die Reinlichkeit der Strassen und öffentlichen Plätze sorgen, gefressen wurden, sondern verfaulten.

Im östlichen Teile des Golfes ist ähnliches in den Jahren 1844 und 1854 vorgekommen, auch in 1878 trat eine grosse Sterblichkeit unter den Fischen ein. Die Districte, wo die Erscheinung beobachtet wurde, sind wegen ihres Reichtums an Schwämmen berühmt, und die reichen Ertrag liefernden Schwammgründe wurden geradezu ruiniert, indem alle Schwämme abstarben und schwarz wurden, während Fische und Mollusken etc. in fürchterlichen Massen abstanden, zuerst die Tiefseetiere, dann die mehr an der Oberfläche lebenden.

Im Jahre 1880 zeigten sich die Vergiftungsphänomene nach jenem entsetzlichen Hurrikan, der als Auguststurm in Westindien berüchtigt ist. Alles, was im Wasser existierte an der Pambabai und bei Egmontkey, starb mit einemmale ab, und vom Winde getrieben, fluteten die verendeten Tiere in langen dichten Reihen auf den Strand. Der Wärter des Egmontleuchtturmes sah die sterbenden Fische „wie Regimenter“ das Land stürmen und musste nachher Tag und Nacht Teer brennen, um es in der verpesteten Atmosphäre aushalten zu können. Ob hier ein submariner, vulkanischer Ausbruch die Schuld trug, ist wohl jetzt nicht mehr zu ergründen. Eine weitere Episode derselben Art vom Juni 1880 folgt weiter unten.

In einem Aufsatze der Annals and Magazine of Natural History — Nr. 45, 1881, S. 239 — wird das in den beiden Jahren 1879 und 1880 öfters dort vorgekommene massenhafte Sterben der Fische auf strichweises Auftreten vergifteten roten Wassers zurückgeführt, in dem keine andere als die gewöhnlichen minera-

lischen Bestandteile gefunden wurden, dagegen eine grosse Menge von Infusorien und Algen.

Es wird da auch erwähnt, dass *Mugil lineatus* und *Bothroloemus pampanus* scheinbar weniger afficiert werden als die übrigen Fische und die Meinung, dass parasitische Algen die Ursache sind, von F. M. ENDLICH ausgesprochen.

Unschädliches Seewasser enthielt nach demselben

feste Bestandteile im ganzen 4,1095,

darunter Eisenverbindungen 0,0724

bei einem spec. Gewicht von 1,022, während in schädlichem Wasser von 1,024 spec. Gewicht sich 4,0780 feste Teile, worunter 0,1106 Eisenverbindungen fanden und das Verhältniss von organischen Substanzen für beide Wassersorten ein solches von 2:3 war.

Eine weitere Vermutung ist die, dass die vergrösserten Massen von Regenwasser, die zuweilen durch die Flüsse in den Golf gelangen, einen so starken Tanningehalt von den verfaulenden Pflanzenteilen von Sumach, Eiche, Palmetto etc. enthielten, dass die Seetiere absterben mussten. Aber auch dieses scheint angesichts derselben plötzlichen Mortalität an andern Küsten nicht gelten zu können.

ORTEGA erwähnt noch, dass derselbe Vorfall schon mehrfach beobachtet sei und nach Aufzeichnungen auch in den Jahren 1528, 1676 und 1852 stattgefunden hätte. Er schreibt die Ursache Regentürmen zu und meint, dass wenn die Fische aus der Oberflächenschicht von 26°,25 in die kalte Temperatur der untern Wasserzone übergehen, um sich der Wellenbewegung zu entziehen, erstarren und dadurch hilflos werden.

Schwerlich ist dies jedoch der wahre Grund; wenigstens ist er an der chilenischen Küste in der dort herrschenden Humboldtströmung nicht anwendbar. Auch in Perim sowohl wie in Aden werden alljährlich beim Monsunwechsel, meist im October oder November, unermessliche Mengen toter Fische aller Arten an den Strand gespült, eine Landplage, welche mehrere Tage dauert, und während derer jedermann bei dem Verscharren der stinkenden Cadaver Hand anlegen muss. Die Eingeborenen schieben die Erscheinung dem Umstande zu, dass die Tiere irgend einen giftigen Laich fressen, während sie nach Lieutenant KING, welcher dieser Erscheinung in einem Berichte über Perim Erwähnung thut, wahrscheinlicher einer alsdann vermehrten Electricität in der See zuzuschreiben ist.¹

Hiermit steht im Einklang, dass die grossen Hummertransporte aus Norwegen, bei denen die Tiere in Schiffen untergebracht werden, die nach Art der Fischkästen stets den Zutritt von frischem Seewasser gestatten, zuweilen misslingen, weil bei einem aufziehenden starken Gewitter die Hummer scharenweise sterben.

Die Vermutung, dass die Verfolgung durch Raubfische die geängstigten Tiere erschöpfe und zum Stranden brächte, findet man ebenfalls öfters ausgesprochen. Diese Erklärung scheint jedoch nicht haltbar und ist wenigstens nicht auf alle Fälle anwendbar.

So liest man z. B. im „Galveston News“: Capitän RODGERS von der Goelette James Andrews, der am 20. Juni 1880 von Galveston nach Calcasien (85 miles westlich in Louisiana) abgesegelt ist, meldet, dass er am ersten Dienstag (22.) stürmische Witterung zu bestehen gehabt habe. Das Meer war sehr

¹ Geogr. Mag. 1877, S. 291.

aufgeregt, und ein Orkan schien zu drohen, als die Goelette plötzlich von einer Masse grüner Schildkröten umgeben war; seltsamer Weise lagen alle auf dem Rücken. Nach angestellten Beobachtungen bedeckten sie das Meer auf eine Strecke von zehn Seemeilen Länge und acht Seemeilen Breite. Sie waren von allen Grössen, aber keine schwamm in der natürlichen Lage. Zugleich sah man von allen Seiten Lachse hoch aufspringen, als ob sie das Meer verlassen wollten, was entweder eine fürchterliche unterseeische Bewegung oder die Gegenwart irgend eines Ungeheuers der Tiefe bedeutete.

Der drohende Sturm brach jedoch nicht aus, und die Goelette fand wieder ruhiges Meer, nachdem sie über die Zone der Schildkröten hinausgelangt war.

Da nun Schildkröten schwerlich einem Seeraubtiere als Massenfutter dienen können, also wohl unbehelligt bleiben würden, so dürfte die Annahme electricischer Todesursachen die einstweilen der Wahrheit am nächsten liegende sein. Submarine Exhalationen giftiger Gase mögen local stattfinden und ähnliche Erscheinungen in den nächsten Umgebungen hervorrufen, aber dann werden doch alle Tiere davon afficiert und nicht nur, wie in Südchile, eine einzige Fischspecies.

G. vom RATH beschreibt¹ eine massenhafte Exhalation von Schwefelwasserstoff, die am 16. December 1881 in der Bucht von Mesolungi stattgefunden hat und unter den Fischen entsetzliche Verheerungen anrichtete. Obwohl weder plutonische noch vulkanische Eruptivgesteine von diesem Teile Griechenlands bekannt sind, traten doch dabei erdbebenartige Stösse auf.

Ein in die Bucht hineinragendes Vorgebirge Astrobitza enthält aber tertiäre Gipse, und tiefer liegende Lager solcher wohl bituminöser Gesteine haben höchst wahrscheinlich durch Zersetzung Veranlassung zur Bildung des Schwefelwasserstoffes gegeben, dessen Entwicklung so stark war, dass die Uferbewohner in Schrecken versetzt wurden.

¹ Sitzungsber. Akad. Wissensch. Berlin 1882, 201.

Nachträge.

Ein nach dem Drucke vorstehender Arbeit mir zugegangenes Heft von G. E. BILLINGHURST über Tarapacá (Iquique 1886) gibt manche Daten, die zur Vervollständigung des bisher Angeführten dienen mögen im Verein mit einigen andern Notizen.

Zu S. 3. Wie gross die technische Wichtigkeit des Natronsalpeters ist, erhellt aus seinem Verbrauche, der sich von Jahr zu Jahr steigert. Es wurden ausgeführt:

1830—1839	1 095 573	span. Centner
1840—1849	3 679 951	„ „
1850—1859	8 898 993	„ „
1860—1869	19 587 390	„ „
1870—1879	49 554 672	„ „
1880—1885	47 408 644	„ „
im Ganzen	130 225 223	span. Centner

oder 5 591 569 metr. Tonnen; (1 span. Ctr. = 46,00928 k).

1886 erreichte die Ausfuhr 9.789 934 sp. Ctr.; 1887 gingen im ersten Vierteljahr nach den Vereinigten Staaten 459 666, nach Europa 1.883 466 sp. Ctr. (Köln. Ztg. 19./6. 87.).

Europa gibt jetzt jährlich nahezu 80 Millionen Mark für Natronsalpeter aus.

Die Menge des in Tarapacá noch als vorhanden berechneten Nitrates erreicht an 90 Millionen Tonnen.

Der chilenische Fiskus erhebt gegenwärtig von jeder Tonne 41,29 Mk. Ausfuhrzoll, so dass der Nitratreichtum von Tarapacá einen Steuerwert von fast 200 Millionen Pfund Sterling repräsentiert, falls der Zoll derselbe bleibt.

Zu S. 12. Alauninit kommt östlich von Caama vor. L. DARAPSKY behandelt die in Nordchile und der Argentina vorkommenden Alaune in ausführlicher Arbeit im N. Jahrb. Min. 1887, 125 ff.

Zu S. 52. Die Unterschiede der Löslichkeit der Alkalijodide, Bromide und Chloride geht sehr klar aus folgender Tabelle hervor.

Kalium-chlorid	Löslichkeit	$s = 28,51 + 0,2837 t$	($t = \text{Temperatur}$)
„ bromid	„	$s = 54,43 + 0,5128 t$	
„ jodid	„	$s = 126,23 + 0,8088 t$	
Natrium-chlorid	„	$s = 34,36 + 0,0527 t^*)$	
„ bromid	„	$s = 110,34 + 0,1075 t$	
„ jodid	„	$s = 264,19 + 0,3798 t$	

(L. C. DE COPPET, Ann. Chim. 1883, 411.)

Zu S. 27 und 58. Zahlreiche Mineralquellen beweisen das Herablaufen der Mutterlaugen und Eindringen derselben in die zunächstliegenden Spalten der Anden.

In Perú ist die Centralregion, die durch die Sierra und die Cordillere gebildet wird, hauptsächlich der Sitz der Mineralwasser. Sämtlich von hoher Temperatur, entspringen sie zu beiden Seiten der Gebirgskämme in solcher Menge, dass sie fast eine ununterbrochene Kette von dem einen Ende der Republik bis zum andern bilden. Diesem Gebiet zunächst an Reichtum steht die Region der Urwälder im Osten, während die Küste kaum eigentliche Mineralwasser aufweist, trotz vieler vorhandener Salzlagunen.

Dergleichen Verschiedenheiten lassen sich leicht deuten.

In der Nähe der Gebirgskämme ist das Gelände junger Erhebung und daher reicher an offenen Klüften, als die älteren Küstenstriche; dort drangen die Lösungen in die Tiefe, hier waren und sind sie mehr auf die Oberfläche angewiesen. Auch in Chile gibt es nur wenig Andenthäler, die nicht irgend eine Alkali-, Schwefel- oder Eisenquelle mit Chloriden und freier oder gebundener Kohlensäure aufweisen, aber dort sind Thermen an der Küste ebenfalls selten, obwohl sie nicht ganz fehlen, wie die auf S. 31 angeführte von Mejillones zeigt.

Zu S. 57. Die lockeren Sandsteinschichten, die in San Bartolo 3 Meilen nördlich von der Stadt Atacama, Kupfer, besonders gediegen, führen, sind vergesellschaftet mit roten Mergeln, die Salz, Gips und Schwefel enthalten. Das Vorkommen scheint über Huallamarca, westlich von Oruro, wo es D'ORBIGNY antraf, mit dem gleichen von Corocoro in Bolivia, also in einer Erstreckung von über 80 Meilen, in Verbindung zu stehen. In Corocoro findet sich das gediegene Kupfer, und zwar nur solches, in feinen runden Körpern wie Schiesspulver, im grauen, mürben Sandstein als Gemengteil, und auf Klüften plattenförmig, baumartig oder zackig mit Krystallen; derartige Platten

*) $t > 20^{\circ}$.

erreichen nicht selten das Gewicht von 4—5 k, und der sie begleitende Gips ist ziemlich fest mit ihnen verbunden. Der Sandstein ist ein sehr junger, vielleicht zur Quaderformation gehörig. Er ist locker, wird mit Steinwalzen zermalmt, und darauf wäscht man den Kupfersand aus. So drückte sich schon der bolivianische Feldmarschal BRAUN (aus Cassel) in den vierziger Jahren über Corocoro aus.

In San Bartolo fand PHILIPPI ein anderthalb Meter langes, noch berindetes Stück Grubenholz mit einer Haut metallischen Kupfers überzogen; ganz analog diesem Factum ist die Thatsache, dass sich in den Silberminen von Potosí Holzstücke, ja sogar Menschengeschäde mit Silber incrustieren.

Zu S. 62. Der vielleicht vorhandene Ausfall an Kalium gegenüber der Natriummenge muss wohl der Bildung eines in Salzlösungen sich nicht haltenden Doppelsalzes von Kaliummagnesiumcarbonat zugeschrieben werden, welche zu Beginn der Einwirkung der Kohlensäure auf die Salzgemische stattgefunden und einen Teil des Chlorkaliums in das unlösliche Doppelcarbonat übergeführt hat. (G. BORSCHÉ, Dingl. 1886, 432.) Dieser Process steht auch im Einklang mit dem auf S. 27 Anm. gesagten und dem auf S. 70 berührten Mangel an Magnesiumverbindungen in Caliche.

Zu S. 64. BILLINGHURST glaubt (S. 38) hervorheben zu müssen, dass sich Jod nur in den Nitratsbetten, nicht in den reineren Salzablagerungen findet. Es entspricht dieses den thatsächlichen Verhältnissen. Nicht reine Chlornatriumlösungen haben die Salpeterbasis geliefert, sondern Mutterlaugensalze mit ihrem Derivat Natroncarbonat.

Zu S. 65. Die in Ausbeutung befindlichen Schwefellager liegen bei Surire (Material 99 %), Puquintica (95 %), Pumiri (46—96 %), Oscana (49—100 %), Isluga, Lirima, Cancosa, Ismapampa und Carita etc. (S. 63). In der Nähe des Berges Surire, in dessen Region die eben zuerst genannten Schwefelfelder vorkommen, breitet sich auch ein See gleichen Namens aus, welcher mehrere thätige Geisire enthält; solche existieren auch in der Lagune Parajaya, die nördlich vom Vulkan Isluga auf der Grenzlinie von Tarapacá und Bolivia liegt.

Zu S. 76. Auskrystallisieren von Kalisalpeter.

BILLINGHURST sagt (S. 32): „Im letzten Drittel des verflossenen Jahrhunderts verbargen sich Gegner der spanischen Herrschaft in den Einöden von Tirana in Tarapacá, um dort auf Alchimistenart Kalisalpeter aus Nitratlösungen zu kochen, weil die Herstellung desselben ein Monopol der Regierung war.“

Aus den salpetersauren Lösungen von Silber, Kalium, Rubidium und Ammonium geht zuerst ein Teil des Silbernitrates nieder, dann folgen Mischkrystalle aller vier Verbindungen. Analog verhält sich eine Solution von Silber- und Natriumnitrat. Salpetersaures Silber und Lithium krystallisieren unterhalb 10° isoliert, oberhalb 15° in Mischkrystallen wechselnder Zusammensetzung. (A. DITTE, C. r. 1885, 878; erw. Beibl. Ann. Phys. 1886, 154.)

Zu S. 78. Ähnliche Thatsachen behaupten die Goldwäscher in den Vereinigten Staaten. So berichtet z. B. VOM RATH, dass man in Californien fest daran glaube, dass das Gold der Waschreste sich in den untern Lagen der Halden allmählig von neuem concentriere und nach Verlauf einer Reihe von Jahren diese Schichten wieder waschwürdig mache.

Nach mündlichen Mittheilungen des nordamericanischen Mineningenieurs ARTHUR F. WENDT beobachtet man in Nord-Carolina häufig, dass das aus gold- und kieshaltigem Quarz bestehende ausgewaschene Pochmehl der Stampfwerke, nachdem es einige Jahre an der Halde gelegen, den Schwefelkies in neugebildeten Knöllchen enthält, welche so goldhaltig sind, dass eine zweite Verarbeitung derselben sich lohnt.

Aber nicht nur in Massen, die künstlich gelockert waren, treten Concentrationen auf; so beschreibt z. B. C. A. VANHISE (Am. J. 1884, 399) secundären Anwachs von Feldspatpartien in gewissen Keweenawan-Sandsteinen, und gleiche Beobachtungen über die Bildung von harten Quarziten aus Sandsteinen sind von R. D. IRVING, TÖRNABOHRM und SORBY gemacht worden. (Am. J. 1886, 225.)

Zu S. 81. Auch im Massailande in Ostafrika scheinen ähnliche Verhältnisse wie bei Soa vorhanden zu sein. Dort sind Kochsalz- und Tronalager häufig, und Chalcedon ist in der Ebene von Kiwangaina, nördlich vom Geleiberg, so verbreitet, dass sogar die Hügel davon wie übersät sind. Kieselsinter bildet Inkrustationen an den heißen Quellen von Sussua. (O. MÜGGE, N. Jahrb. Min. 1886, 609.)

Verkieselung von Holz.

Die halbverkieselten Baumstämme in der Pampa Tamarugal werden ihr mineralisches Material wohl auch von oben bezogen haben, wo noch jetzt Reste von Geisirenthätigkeit z. B. bei Surire und Parajaya im Gange sind. Auch anderwärts findet man Beziehungen zwischen Mutterlaugensalzen und Verkieselungen.

In der Indianerreserve der Navajos-Indianer in Arizona existiert ein versteinerter Wald, dessen Stämme, Äste und Zweige total in Silicat verwandelt sind. Die Bäume von 4—12 m Umfang ihrer

Stämme gewähren einen wunderbaren Anblick. Die Gegend ist eine vollständige Wüste ohne Trinkwasser; das wenige Wasser, das sich in Felsenritzen findet, ist borax-, salpeter- und sodahaltig. (E. DESTÉ, C. r. 1885, 1019.)

Zu S. 82. Durch Erhitzen einer 10 %igen Hydrosollösung während mehrerer Monate auf 250° im Luftbade ist es K. v. CHRUSTSCHOFF gelungen, $\frac{1}{2}$ mm grosse Quarzkrystalle zu erzielen. (N. Jahrb. Min. 1887, 205.)

Zu S. 83. Feilende Thätigkeit des Quarzsandes.

Nach TH. EGGLESTON in New-York ist eine bisher kaum beachtete Ursache des Verfalles von Bausteinen an städtischen Gebäuden der abschleifenden Einwirkung des vom Winde gegen die Steinflächen geworfenen Strassenstaubes zuzuschreiben, der namentlich scharfen Quarzsand neben Eisen und anderen Substanzen enthält, die zwar an sich weniger hart, aber doch scharf genug sind, um Quadern anzugreifen. Kein einziger Stein, selbst nicht der Diamant, ist fest genug, um den Angriffen eines Sandgebläses auch nur für kurze Zeit zu widerstehen. Man bemerkt daher auf vielen Kirchhöfen, dass die eingemeiselten Inschriften von Denkmälern auf der den herrschenden Winden zugekehrten Seite rascher weggeschliffen werden, als auf den andern Flächen. Auch ist an den Bauwerken früherer Jahrhunderte eine grössere Sorgfalt in der Auswahl gleichartiger und durch ihre Bindemittel eine lange Dauer versprechender Steine erkennbar, als an den Denkmälern unserer Zeit. So zerfallen Sandsteine mit organischem Bindemittel sehr schnell, solche mit eisenhaltigem sind unsicher, die mit kalkigem werden allmählig zersetzt, besonders in den niedern Luftschichten grösserer Städte, welche da erhebliche Beträge von Schwefel- und Kohlensäure einschliessen, die durch die Grosstadtfeuchtigkeit arg zur Geltung gelangen; nur Kieselsandsteine halten sich gut, während Kalksteine, besonders, wenn sie etwas dolomitisch sind, viel zu wünschen übrig lassen.

Hiernach ist leicht begreiflich, dass die sandigen Umgebungen von Nitratmulden, die gerade in constanten Windstrichen lagen, leicht erodiert und weggeführt wurden, wogegen der auf breiter Basis salzdurchtränkte Untergrund mehr Widerstand leistete, und die Mulden selbst nun auf einer Erhebung liegen. (s. S. 137.)

Zu S. 86. Bodentemperaturen.

Die Erdoberflächenwärme beträgt unter Umständen bei Bagdad (n. SCHLÄFLI) 78°; im südl. Africa (n. HERSCHEL) 70,5°; in der Sahara bei Bilma (n. ROLFFS) 70°; (im allgemeinen da: zwischen — 5°

und $+ 70^{\circ}$; im Nilthal in Aegypten $67^{\circ},5$; bei Kunrau a. d. Öhre im Juni 1882 67° ; bei Schlanstedt in der Oscherslebener Ebene $66^{\circ},4$; am Orinocco in weissem Granitsand (n. HUMBOLDT) $63^{\circ},1$.

Zu S. 91. Bei Cumiñalla in der Pampa Tamarugal (Tarapacá) wurden die Reste eines gigantischen *Megaterium* vor etwa 10 Jahren aufgefunden.

Das Abteufen eines Brunnens des Salpeterwerkes San Jorje in der Pampa Huara am äussersten Westen der oben erwähnten Pampa förderte aus der Tiefe von 48 m eigentümlich auf der Innenseite glasierte Topfscherben, die aus einem Material gebrannt waren, verschieden von dem, welches die jetzt dort lebenden Eingeborenen zu Töpferarbeiten verwenden.

Zu S. 94. Staubverwehung.

Nach M. ALLUARD (C. r. 1885, 1080) rührt die Fruchtbarkeit der Limange d'Auvergne vom vulcanischem Staub des Puy de Dôme her, welcher nach Nordosten auf mehr als 36 lieues Entfernung, fast 50 Meilen, durch die herrschenden Südwestwinde getragen wird.

Zu S. 98. Guano kommt nach der Angabe von BILLINGHURST im ganzen Litoral von Tarapacá vor. Er sagt (S. 10): „Von der Spitze von Camarones an bis zur Mündung des Loa kann man kaum einen Vorsprung oder eine Klippe am Gestade ohne Guanoablagerung finden.“

Zu S. 112. Der Guano von Mejillones enthält nach KRULL 0,9% Salpetersäure.

Zu S. 113. Eine weibliche Indianerleiche soll aus dem Guano einer der Inseln zum Vorschein gekommen sein.

Zu S. 118. Viele Quadratmeilen in Nevada, Arizona, Californien und New-Mexico sind schneefelderähnlich von Chloriden, Sulfaten und Carbonaten bedeckt; aber Nitrate gehören zu den Seltenheiten und finden sich nur in unbedeutenden Mengen, an Orten, die S. 120—122 bezeichnet wurden und zu denen man noch die Indianerreserve in Arizona zählen könnte, wo sich etwas soda-, borax- und salpeterhaltiges Wasser in den Felsenritzen einer trinkwasserlosen Einöde findet, in der auch ein total versteinerter Wald vorkommt. Wahrscheinlich haben tierische Reste, wie solche noch heute in Form von massenhaft den Boden strichweise bedeckenden *Planorbis*-Gehäusen dort vorliegen, Veranlassung zur Bildung von Salpetersäure gegeben. Aber winzig genug müssen die Quantitäten gewesen sein; das geht aus den Wasseranalysen der abflusslosen Seen Sodalake in Nevada, Monolake und Owenslake in Californien und Albertlake in Oregon

hervor; von diesen allen zeigt nur das Wasser des letzten eine Spur von Salpetersäure; die andere dagegen weder eine solche, noch von Phosphorsäure, wogegen Natrium, Kalium, Schwefelsäure, Chlor, Kohlensäure reichlich und Bor stellenweise vertreten sind.

Zu S. 122. Im Khanat von Chiwa, am linken Ufer des Amudarja, liegt westsüdwestlich vom Fort Nukus eine Fläche von über 4 Quadratkilometer, welche Salpetererde mit über 10 % Nitraten enthält. Die auf demselben Gebiete noch vorhandenen Trümmer der alten Stadt Kunja Urgentsch weisen auf den Ursprung der Salpetersäure deutlich genug hin. Die carbonathaltigen Salze einer regenarmen Steppe sind da zum Teile durch Einwirkung animalischer Abfälle nitrifiziert worden. Eine Analyse ergab:

In Wasser lösliches	27,89 %
In Salzsäure lösliches	17,14 %
Unlösliches	48,42 %
Kohlensäure	5,73 %
	99,18 %

Das in Wasser lösliche enthielt:

Natriumnitrat	4,05 %
Kaliumnitrat	5,52 %
Magnesiumnitrat	1,04 %
Chlornatrium	12,90 %
Magnesiumsulfat	0,66 %
Calciumsulfat	3,25 %

(N. LJUBAWIN J. Russ. Ch. Soc. 16, 617, erw. Dingl. 1885).

Zu S. 122. BILLINGHURST bemerkt, dass einzelne Nitratlager noch nördlich vom Rio Camarones auftreten und man solche auch im Thale von Azapa, in dem Arica liegt, gefunden habe. Hiernach würden noch etwa 11 Meilen weiterhin von Camarones Mutterlaugentümpel in Vertiefungen des Berglandes stehen geblieben und von Guanostaub erreicht worden sein. Das ist nicht auffallend und widerspricht nicht der Thatsache, dass das Ende der Küstencordillere auch das Hauptende der Nitratablagerungen bezeichnet.

Wie unbedeutend diese kleinen Ausläufer sein müssen, geht schon daraus hervor, dass die peruanische Regierung, welche sie 1872 untersuchen liess, auch nach Verlust der Salpeterprovinz Tarapacá noch keine Bearbeitung da hat eintreten lassen.

Zu S. 138. Von Feldspatgesteinen verwittert Granit im allgemeinen nur wenig. Wie zerstörend aber ungünstige Witterungsbedingungen z. B. Nässe und Kälte auf denselben wirken können,

erhellet daraus, dass der ägyptische Obelisk, der 1880 im Centralpark von New-York aufgestellt wurde und in seiner Heimat nach mehr als 2000 Jahren kaum eine Spur irgend welcher Beschädigung gezeigt hatte, schon jetzt einer raschen Vernichtung entgegengeht.

Zu S. 155. T. RUPERT JONES führt sehr verschiedene Ursachen, welche zu einer plötzlichen Vernichtung von Seetieren Veranlassung geben, an. Er sagt (Geol. Mag. 1882, 533), dass dieselben offenbar in ihrem Lebenskreise getötet und stellenweise auch da begraben werden.

1. Starke, plötzliche Süsswasserzuflüsse. So wurde einmal ein ganzer Transport von Hummern, welcher fertig zur Überführung nach London auf einer der Hebriden in offenen Kasten am Staden im Meere sich befand, durch einen sehr starken Regenguss vernichtet, weil die Krebse nicht die schützende Tiefe aufsuchen konnten. Bei Charmouth tötete einst massiges Einströmen von Schneewasser grosse Mengen von *Octopus vulgaris*.

Der Südwestmonsun lässt durch seine Niederschläge oft Millionen von Fischen an den Küsten Indiens zu Grunde gehen. Heftige Süsswasserfluten verursachten 1872 bei Tobago grosse Mortalität der Seetiere; ähnliches hat NORDENSKIÖLD an der Jeniseimündung beobachtet. Schlammfluten des Shebenacadie-Flusses betrachtet LYELL als Analogon derjenigen, die die Saurier und Cephalopoden der Liasseen verenden machten. Starker Frost thut dasselbe manchmal mit den Tieren der Litoralzonen in gemässigten Klimaten.

2. Starke Stürme. Bei solchen gingen 1874 Millionen von Austern in der Nähe von Arcachon an der französischen Küste verloren; ein Sturm bedeckte 1868 den Strand der Andersons-Cove in der Fundybai mit abgestorbenen Massen von *Clupea elongata*.

3. Raubfische, auch Wale treiben Wellen von kleinern Fischen ans Land.

4. Grosse Erwärmung flacher Küstenlagunen kostet zuweilen ihren Bewohnern das Leben.

5. Oscillationen. Die des Ontariosees z. B. brachten 1872 viele Fische zum Verenden.

6. Erdbeben und vulkanische Thätigkeit. Die eingelaufene Lava machte das Wasser des isländischen Sees Myvatu von 5 Meilen Umfang für 20 Tage lang sieden. Ähnliches weiss man vom Ilopango in San Salvador, vom Kilauea etc. etc.

7. Blitzschläge, auch Krankheiten geben Todesursachen ab, sowie starkes Zusammendrängen der Tiere.

Vielleicht lässt sich die Bildung des in Nordrussland nicht seltenen sogen. *Ancella*-Sandsteines, der als Bindemittel vorwiegend phosphorsauren Kalk besitzt, auf die Weise erklären, dass Fischcadavermassen die Phosphorsäure lieferten; zu Salpetererzeugung wird die Verwesung von Fischleichen nur wenig Veranlassung gegeben haben.

Sach-Register.

- | | | |
|--|--|---|
| <p>Achat 79.
 Ackererde unter Natronsalsal-
 peter 139.
 Actinocyclus 108.
 Ätzkalk 125.
 Alabaster 34. 94. 152.
 Alaun 12. 16. 43. 65. 120.
 138. 139. 153. 159.
 — bildung 138. 145.
 — Zersetzungsmittel von
 Natroncarbonat 74. 139.
 Albit 137.
 Algarobo 87.
 Algen 108. 130.
 — sporen 127.
 Alkalicarbonate 124.
 Alkalien 115. 144.
 — freie aus Feldspat 146.
 Alkalihaloide, Löslichkeit
 52. 160.
 Alkalinitrate, Zersetzung
 durch Pflanzenwurzeln
 118.
 Allorchestes 54.
 Alter der Nitratlager 91.
 Aluminit 159.
 Aluminiumsulfat 145.
 Alunogen 12.
 Ammoniak 91. 98. 114. 117.
 126. 130. 133.
 — alaun 117.
 — bildner 93.</p> | <p>Ammoniak carbonat 124.
 — im Gips 74.
 — guano 28. 123.
 — molybdänsaures 67.
 — nitrat 124.
 — oxalsaures 109.
 — phosphorsaures 109.
 — salze 110. 144.
 — schwefelsaures 109.
 Amphibolit 140.
 Ancella-Sandstein 167.
 Anden, Alter 48.
 — Hebung derselben 113.
 Andesit 69. 137. 138.
 Anhydrit 9. 18. 60. 62 (s. auch
 Calciumsulfat).
 — Ganggestein 47.
 — in den Anden 47.
 — in der Küstenregion 60.
 Anneliden 132.
 Asche 43. 95.
 Astrakanit 62.
 Astromphale 108.
 Atmosphärlilien 116.
 Augitandesit 138.
 Augitporphyr 104.
 Austern 166.
 Barytsalpeter 50.
 Bergkrystall 20.
 Bimstein 43. 137.
 Bischofit 10. 19. 22. 58. 61.</p> | <p>Bittererde 138.
 — Salz 10. 16. 19. 34. 58.
 60. 62. 70. 138. (s. auch
 Magnesiumsulfat.)
 — Seen 23. 126. 134.
 Bitumen 14.
 Bivalven 132.
 Blei 52.
 Bodentemperaturen 25. 86.
 163.
 Bor 140.
 Boracit 20. 41. 61. 63.
 Borate 19. 20. 43. 44. 63. 76.
 106. 112. 121. 144. 147.
 Borax 144.
 Borocalcit 7. 10. 40.
 Boronatrocalcit 7. 9. 10. 15.
 40. 44. 63. 121.
 Borophosphate 68. 105. 107.
 Borsäure 24. 26. 107.
 Bothroloemus 157.
 Braunkohle 82.
 Brom 130. 140.
 — carnallit 23. 64.
 — magnesium 64.
 — Menge im Seewasser 51.
 — salze 63.
 Brunnenwasser 31.
 — verunreinigtes 119.
 Brushit 109.
 Bryozoen 132.</p> |
|--|--|---|

- Caesium** 65.
Calciumborat 63.
 — carbonat 12. 26. 71. 82.
 — chlorür 141. (s. auch Chlorcalcium.)
 — jodat 92.
 — magnesium-Phosphat 107.
 — phosphat 107.
 — sulfat 9. 62. 107. 130. 138. in Mutterlaugen 24. 50. (s. auch Anhydrit, Gips.)
Caliche = Natronsalpeter 3 ff.
 — azufrado 11.
Camanchacas 86.
Canchones 139.
Cangagua 138.
Caranx 156.
Carnallit 20. 61. 62.
Cephalopoden 132. 166.
Chalcedon 79. 80. 162.
Chalcedonmandeln 81.
Chilesalpeter = Natronsalpeter, Caliche, Nitrat 3 ff. Statistik 159.
Chlor 139. 140.
 — Mangel in Vulkanen 48.
 — ammonium 8.
 — calcium 8. 24. 50. 63. 85. 125. 130. 133. 135. (s. auch Hydrophilit.)
 — kalium 62. 86.
 — lithium 8.
 — magnesium 10. 22. 61. 85. 122. 135.
 — natrium 5. 61. 106. 133 ff.
Chrom 12.
Clupea 166.
Cocos 81.
Coleopterenflügel 132
Conchylienreste 126. 130. 132.
Conferven 128.
Conglomerat 140.
 — gipshaltiges 145.
Corallinen 132.
Coscinodiscus 108.
Crustaceen 54. 132.
Dacit 138.
Detritus, animalischer 119. 121. 122.
 — vegetabilischer 119. 120.
Diatomeen 108.
Dolium 26.
Dolomit 60.
Doppelphosphat von Kalk und Magnesia 105.
Dünen 89.
Eisenboracit 63. 66.
Eisenoxyd 10. 137.
Eisenphosphat 103.
Elektricität, atmosphärische 143.
Elektrische Entladungen 114. 115. 116. 140. 151. 155.
Erdkindchen 95.
Erzgänge 4. 51.
Excremente 92. 110.
Exhalationen von Salzsäure 139.
 — submarine von Schwefelwasserstoff 158.
Fäcalmaterien 92. 110.
Fäulnisprodukte, Wirkung der 129.
Federalaun 138.
Federfragmente im Guano 35. 98.
Federsalz 71.
Feldspat 98. 146. 162.
 — gesteine, Magnesiagehalt derselben 137.
 — kiesiger 139.
 — zersetzung 144. 145.
 — zersetzung durch kohlen-saures Wasser 137.
Felsit 137.
Feuchtigkeit, atmosphärische 142.
 — terrestrische 87.
Fischfluten 135. 155. 166.
Fledermäuse 142.
Flügeldecken von Insekten 142.
Flussbetten sog. in Atacama 32. 57. 145.
Fucus 127. 130. 131.
Fumarolen 42. 126.
Gaylussit 82. 83.
Geisire 161. 162.
Gerölle 89.
Gesteine, vulkanische 121.
 — der Küstencordillere 4.
Gesteinguano 105.
Gesteinsbrocken, -fragmente 89. 91.
Gesteinszertrümmerung 152.
Gips 5. 6. 9. 16. 18. 24. 34. 36. 40. 42. 43. 47. 59. 60. 62. 72. 74. 84. 105. 106. 133. 138. 147. 153 (s. auch Calciumsulfat und Anhydrit).
 — Ammoniakgehalt 74.
 — aus kiesreichem Feldspat 142.
 — Concentration von Gips-
 teilchen in trockenen
 Massen 78.
 — entstanden aus Chlor-
 calcium u. einem Sulfat 76.
 — lager in den Anden 47.
 — Zersetzungsmittel von
 Natriumcarbonat 47.
Glauberit 9. 10. 36. 38. 62.
Glaubersalz 6. 8. 10. 16. 29. 34. 51. 60. 62. 70. 121. 122. 125. (s. auch Na-
 triumsulfat.)
Gletscher 90.
Glimmer 69.
Glimmerschiefer 104.
Gneis 104.
Götzenbild im Guano 54.
Gold 52. 116.
 — reste 162.
Gossenflüssigkeit 124.
Grand 89.
Granit 4. 103. 104. 154. 165.
Grossblasentang 132.
Grünstein 4.

- Guano 35. 54. 93. 96. 109. 123. 124. 126. 164.
 — Auslaugung 108.
 — conglomerat 105.
 — (sog. krystallisierter) 103. 105. 107.
 — jodhaltiger 64.
 — mineralien 106.
 — nester 98. 131.
 — phosphate 126.
 — sorten, atacamenische 39. 98. 110.
 — staub 149.
 — subaërische Wanderung 93. 97. 131.
 — im Natronsalpeter 5. 14. 98. 131. 145.
 — varietäten 105.
 — verhärteter 105. 122.
- Halloysit 65.
 Haloidmetalle in amerikanischen Erzgängen 51.
 Halotrichit 138.
 Hangendes der Salpeterschichten 89.
 — Conglomerat der Nitratbetten 90.
 Hamada 152.
 Hayesin 10. 63.
 Hebung der Küste 4.
 — von Landseen 55.
 Helix pomatia 82.
 Holothurien 132.
 Huacaserde, Analysen 58.
 Huantajayit 51.
 Hummertransporte 157. 166.
 Hyalophan 137.
 Hydroboracit 53.
 Hydrophilit 8. 9. 19. 59. 63.
- Jaspis 79. 80.
 Idol 113.
 Inneres der Salpeterschichten 89.
 Insektenflügel im Guano 35. 98.
 Insektenreste 142.
- Jod 10. 11. 24. 25. 91. 116. 130. 140. 161.
 — freies 92.
 — im Guano 64.
 — kalium 91. 92. 116.
 — Menge im Seewasser 51.
 — natrium 92.
 — säure 91. 92.
 Jodate 126.
 Jurakalk 83.
- Kainit 24. 50. 61. 62. 75.
 Kali 137.
 Kalicin 27.
 Kalisalpeter 60. 76. 86. 144. 161. 165. (s. auch Kaliumnitrat).
 Kalium, Ausfall in d. Nitraten 161.
 Kaliumbichromat 12.
 — carbonat 27. 133.
 — chlorid 58. 86. (s. auch Chlorkalium).
 — chromat 11.
 — magnesiumcarbonat 161.
 — nitrat 58. 59. (s. auch K. salpeter.)
 — sulfat 62.
- Kalk 137.
 — borat 29. 41.
 — carbonat 81. 130. 133. 142.
 — erde 119.
 — flötze 4.
 — mörtel 125.
 — nitrat 124. 125. 142.
 — oxalsaurer 109.
 — phosphat 98. 103. 108—110. 142.
 — salpeter 142. (s. auch Kalknitrat).
 — schalen 132.
 — silicat 81.
 — sulfat 133 (s. auch Gips, Calciumsulfat etc.).
- Kaolin 138.
 Kiesel 152. K. sinter 162.
 Kieselsäure 19. 20. 24. 50. 81. 82. 137.
- Kieserit 62.
 Klima 152 (s. auch Temperatur).
 Knochenmehl 84.
 Kochsalzkrusten, schwimmende 146.
 Köhlerglaube 81.
 Kohlensäure 26. 109. 119. 133. 139.
 — organische 82.
 — vulkanische 83.
 Kohlenwasserstoffe 89. 133.
 Krabben 132.
 Kreide 125.
 Kröhnckit 50.
 Krugit 62.
 Krusten, schwimmende, von Kochsalz 146.
 Küstencordillerengesteine 4.
 Kugelbasalt 154.
 Kupfer 52. 160.
 Kupferoxyd 10.
- Labradorit 137.
 Lachse 158.
 Laminaria 130. 131.
 Landbrisen 88.
 Lava 43. 121.
 Leiche, ind. im Guano 164.
 Lessonia 129.
 Licht, diffuses 91.
 Liegendes d. Salpeterschichten 89.
 Lithium 8. 11. 24. 25. 64. 140.
 — carbonat 26.
 — nitrat 162.
 Littorinellen 132.
 Löss 95.
 — männchen ib.
 Lüneburgit 20.
 Luzerne 139.
- Magnesia, Magnesium 137. 138.
 — carbonat 12. 26. 70.
 — chlorid 70. 138. 141 (s. auch Chlormagnesium).

- Magnesiahidrat 105.
 — phosphat 103. 107.
 — salze 137.
 — sulfat 10. 62. 70. 106. 138.
 (s. auch Bittersalz.)
 Makrocystis 129. 132.
 Mandelstein 79.
 Mangan 10. 84. 91. 112.
 Mangansuperoxyd 116.
 Materie, grünliche anima-
 lische im Seewasser 128.
 — stickstoffhaltige 117.
 Meeresconchylien 136.
 Megatherium 164.
 Mergel 94. 152.
 Metales colorados 91.
 Metallhaut auf Holz etc. 161.
 Metalloide 116.
 Metalloxyderze 91.
 Milchkiesel 81.
 Mineralquellen 82. 160.
 — bei Mejillones 31.
 Mischkrystalle von Nitraten
 162.
 Mollusken, kalkige Reste 132.
 Molybdän-Ammonium 67.
 Moor, Analyse 119; Wasser
 ib.
 Mugil 157.
 Mumien 4.
 — erde, Analysen 58.
 Mutterlaugen 21 ff. ff.
 — des Rohsalpeters 30.
 — der Siedereien 92.
 — fluten 113.
 — reste, Herabströmen der
 136.
 — salze in Nordamerica 118.
 Naphtylamin 117.
 Natroborocalcit 9. 10. 15.
 62. 121. (s. auch Boro-
 natrocalcit).
 Natrium-, Natron 137.
 — bicarbonat 118.
 — borat 41. 83.
 — bromat 8. 64.
 — carbonat 8. 26. 38. 60. 81.
 83. 89. 91. 92. 106. 111.
 112. 115. 118. 122. 124;
 130. 133. 134. 149; Aus-
 blühung a. Mauern 125;
 aus Calciumcarbonat 69.
 70; Mangel im Wasser
 des Grossen Salzsees 121;
 aus Mutterlaugensalzen
 68; im Natronsalpeter
 8. 38 u. a.; im Seewasser
 73; Zersetzung durch
 Alaun 139. 146.
 Natriumchromat 12.
 — jodat 8.
 — nitrat, N. Salpeter, ca-
 liche etc. 3 ff. ff.; Ana-
 lysen 29 u. a.; Anwen-
 dung 3; Begleitsubstan-
 zen 8. 50. 61 ff.; Eigen-
 schaften 3; Einschlüsse
 5; Färbung 5; gipsfreies
 145; hangendes 6; Jod-
 gehalt 92; kalifreies 91;
 Lagerung 28; liegendes
 4; Löslichkeit in Wasser
 35, in Kochsalzsolution
 35. 134. 135.; Mächtig-
 keit 5. 7; Mischungs-
 verhältnisse 28; Rück-
 stände, unlösliche 10. 13;
 Schichtenfolge 4. 7.
 — seen 126.
 — silicat 81.
 — sulfat 6. 8. 9. 62. 69. 70.
 83. 86. 145. 153. (s. auch
 Glaubersalz.)
 — sulfonitrat 39. 50.
 — überjodsaures 92.
 Nebel 84. 86. 88.
 Neigung der Nitratbetten 89.
 Nereocystis 155.
 Nickeleisen 95.
 Niederschläge (atmosphär.
 Wassrs.) 84. 106. 117.
 — bituminöser Substanzen
 134.
 Niederschlags-Verhältnisse,
 veränderte 76.
 Nitrat 3 ff. ff. = Natron-
 salpeter, caliche.
 — betten an Abhängen, auf
 Hügeln 137. 163.
 — gegenden, Äusseres 151,
 Klima 152.
 — gehalt, starker, der Rand-
 partien der Mulden 141,
 des Muldeninnern 16.
 Nitratin 3.
 Nitrite 92. 116.
 Nitroglauberit, N. glauber-
 salt 39. 50.
 Nitrosäure 131. (s. auch Sal-
 petersäure).
 — Bildung bei Wasserver-
 dünstung 117. 118.
 Nitro sodico 3.
 Nordostpassat 95.
 Obelisk, ägyptischer 166.
 Oberfläche der Nitratbetten
 90.
 Obsidian 137.
 Octopus 166.
 Oligoklas 137.
 Organismen, Fehlen ders.
 im Steinsalz 136.
 Organismen, mikroskopische
 116. 143.
 Orthoklas 137.
 Ostrea 120.
 Oxyde 116.
 Ozon 115. 116.
 Pacos 91.
 Papas 10.
 Patellen 132.
 Pechstein 137.
 Pelikan (Mumie) 113.
 Petroleum 60.
 Phoca 55.
 Phosphammit 109.
 Phosphate 94. 98. 103. 106.
 107. 113.
 Phosphatguano 2. 28. 110.
 123.
 Phosphor 115. 116.

- Phosphorsäure 10. 11. 24. 65. 93. 99. 103. 108. 109. 110. 119. 130. 143. 144.
— Nachweis 66.
Pickeringit 12.
Picromerit 24. 50. 62.
Pinnoit 63.
Planarien 132.
Planorbis 164.
Platinmetalle 116.
Pluvialwasser 141.
Polcura 138.
Polyhalit 42.
Porphyr 4. 69. 79. 87. 104. 138. 140.
Pyrgulifera 55.
Pyrit 138.
- Quallen 129.
Quarz 69. 82. 83. 94. 162. 163.
Quarzit 162.
Quecksilber 52.
Quellen, jodhaltige 140.
Quinoa 53.
- Randpartien, nitratreiche 89.
Rapilli 71.
Reactionen, Verschiedenheit ders. 76. 87.
Regen in Atacama 57.
Regenloses Gebiet der süd-am. Westküste 1 ff.
Regenwasser 114.
Reste, vegetabilische im Nitrats 3. 6.
Rinnsale in Atacama 32. 56. 145.
Risse, polygonartige 90.
Robben 55.
Robsalpeter 8. 9. 30.
Rubidium 65.
— nitrat 162.
Ryolith 138.
- Salitre 3 ff.
Salmiak 11. 109.
Salpetrige Säure 91.
- Salpeter 59. 60. 120 f.
— Erde, Anal. 58. 165.
Salpetersäure 91. 93. 96. 111. 112. 116. 119. 130. 133. 140. 143. 144. 147.
— im Guano 111. 112.
— des Thaues 124. 125.
Salz, Salze
— Ablagerungen in den Anden 2. 46. 47.
— Efflorescenzen in Atacama 72.
— gemenge, homogene 39.
— gemisch, alaunhaltiges 148.
— hygroskopische 85.
— Lachen 88.
— Mulden 85.
— Sandsteine 6.
— Säure 26. 117. 139.
— Seen 106.
— Sümpfe und -Steppen 47. 118. 164.
— Teiche, ungarische 84.
— Thon 21.
- Sand 89.
— feilender 133.
— der Samara 137.
— Stein 4. 6. 162. Ancella 167, Keweenawan 162. nubischer 137.
— Stürme 154.
— Wehen 96.
- Säure, salpetrige 115. 116. 117.
— schweflige 116.
- Sauerstoff, atmosphärischer 117.
- Saurier 166.
- Schildkröten 158.
- Schlamm 90; S.fluten 49. 57.
- Schmetterlingsschuppen 142.
- Schneegränze 84.
- Schönit 75.
- Schwämme, petrificirte 83.
- Schwefel 11. 15. 48. 59. 60. 65. 77.
- Schwefelbildung 122.
— Kies 162.
— Lager 120.
— Säure 116. 117. 138. 139.
- Scirocco 95.
- Sebkha 152.
- See-Hunde 55.
— Igel 132.
— Pflanzen(Aschenbestandteile) 130.
— Sterne 132.
— Tiere, färbende 127; Reste 134. 136.
— Wasser, fettiges, milchiges, olivengrünes, rotes, ultramarinblaues, trübes 127. 128. 129.
— Tanningehalt 65.
- Serpentin 65.
- Sickerwasser 85.
- Sideronatrit 51.
- Silber 52. 116.
- Silbernitrats 76. 162.
- Silicoborocalcit 63.
- Simonyit 19.
- Soda 15. 26. 27.
- Sodafelder 118. 164.
- Sodalith 54. 139.
- Sodaseen 126. 164.
- Solfataren 42. 46.
- Speisesalz 88.
- Spirorbis 132.
- Sporen 127.
- Stassfurtit 63.
- Staubmenge in der Luft 88.
— Stürme 151. 164.
- Steinsalz 1. 8 ff.
- Stercorit 109.
- Stickstoff 84. 107. 108. 110. 114. 117. 118. 119.
- Stinkgips 134.
- Strandgut 135.
— Material 134.
- Stürme 87.
- Sturmfluten 130.
- Sublimationsprodukte 140.
- Sulfanilsäure 117.
- Superoxyde 116.

Syenit 140.	Tinkalcit 63.	Vegetationsmangel 87.
Sylvin 8. 58. 62.	Titansäure 19.	Verdunstung 87.
Syngenit 62.	Tiza 7.	Verkieselung v. Holz 81. 162.
	Topfscherben, alte 164.	Verwesungsprodukte, tierische 120.
Tachhydrit 24. 50. 61. 63.	Trachyt 4. 43. 44. 91. 138. 140. 154.	Vogelleichen im Guano 6.
Talkerdealaun 12.	Transport, subaërischer 93. 97. 131.	Vögel 142.
Tang 98. 120. 125. 127. 129. 130. 134. 155.	Travertin 57.	— bei Bitterseen 126.
Tarapacait 11. 38. 38.	Tricalciumphosphat 107.	Vulkanausbrüche 91.
Temperaturen 85. 86. 163.	Trichodesmium 128.	Vulkanismus 149.
— in Atacama 154.	Triebsand 154.	
Thau 86. 116. 117.	Trinkwasser 152.	Wald, versteinerter 162. 164.
Thenardit 8. 33. 36. 38. 59. 62. 66. 86.	Trochen 132.	Wasser, atmosphärische 141.
Thinolith 82. 83.	Trona 26. 27. 162.	— heisse in Höhlungen 152.
Thon 10 u. a.	Turmalin 20.	Wasserdämpfe 126.
— undurchlassender als Untergrund der Nitratbetten 142.	Typhus 119.	— glas 82.
— erde 139. Phosphat 99. 110. Schwefelsäure 117. Sulfhydrat 12.	Ueberjodsäure 91. 92.	Weichtiere 132.
— lagen im Natronsalpeter 12.	Unruhe der Nitratschichten 90. 140.	Westwinde 123.
Tierra salitrosa 94. 98.	Uran 26. 60. 68.	Winde 87, Richtung, Stärke 93. 123.
	Vegetation unterseeische 129.	Winterwasser 85.
		Wismut 52.
		Zoophyten 128.

Orts-Register.

Abrolhos 127. 128.	Alëuten 155.	Angamos 107. 108.
Abyssinien 147.	Alpen 94.	Angara 55.
Acobambilla 59.	Alpheios 33.	Antarangra 55.
Aden 157.	Amazonas 59.	Antofagasta 29. 48.
Aegypten 26. 164.	Ambi 140.	Antuco 48. 61. 138.
Agua blanca 143.	Amotape 1.	Apurimac 59.
Aguas blancas 34. 35. 37. 38. 62. 80. 83. 99.	Amudarja 165.	Arané 144.
Airolo 20.	Anahó 83.	Arauco 156.
Alausi 137.	Ancon (Totenfeld) 139.	Arcachon 166.
Albertlake 164.	Andersons Cove 166.	Arequipa 59. 60. 69.
	Andores 59.	Argentina, Rep. 27. 47. 88.

- Argentina, Grube 29.
 Arica 1. 4. 27. 28. 52. 53.
 58. 103. 108. 111. 122. 123.
 165.
 Arizona 162. 164.
 Ascotan 15. 27. 64. 81.
 Asñapuquio 59.
 Atacama, Stadt 42.
 Atlas 153.
 Aullaga 56. 86.
 Australien 25.
 Auvergne 164.
 Ayacucho 59.
 Azapa 165.
 Azufre, Cerro 42. 45.

 Bagdad 163.
 Bahia 127.
 Bahr-Assal 147.
 Baikalsee 54.
 Balsapuerto 59.
 Barazarte 98. 110.
 Baron 38. 141.
 Barrancas blancas 79. 80.
 Bilma 163.
 Biskra 152.
 Bitter-Creek 120.
 Bloomfield Mine 33.
 Bompensieri 122.
 Bordos 74.
 Britisch-Columbia 52.

 Caboverde 95.
 Cachapoal 47.
 Cachi 59. 60.
 Cachinal 37. 38. 39. 50. 57.
 70. 75. 98.
 — de la Sierra 72. 79.
 Cachiyuyal 37. 70. 72. 73.
 79. 80. 85. 133. 135.
 141.
 Calabrien 154.
 Calama 14. 51. 159.
 Calate 9.
 Calcasien 157.
 Caldera 108. 156.
 Californien 27. 113. 122.
 162. 164.

 Callao 60. 111. 127. 128.
 Callejas 98. 110.
 Camaná 60.
 Camarones 1. 85. 122. 164.
 Cana 15.
 Cancosa 10. 27. 161.
 Cangallo 60.
 Cap Hoorn 129. 155.
 — verde 154.
 Caracoles 16. 47. 74.
 Caraveli 60.
 Carita 161.
 Carmen 29. 32. 33. 87. 98.
 — (Perú) 58.
 Carrizalillo 38. 133.
 Carsonsteppe 82.
 Cassel 154.
 Catamarca 87.
 Cerro de Sal 59.
 — negro 36.
 Cerros pintados 12.
 Chacarilla 15. 85.
 Chañaral 40.
 Chanchamayo 59.
 Chanavaya 2. 102.
 Charmouth 166.
 Cheshire 19.
 Chiclayo 60.
 Chihuata 60.
 Chilca 59. 60. 69.
 Chiloe 129. 155.
 Chimba 79. 80.
 Chimborazo 138.
 Chinchas 94. 100. 109. 110.
 112.
 Chino 58.
 Chiwa 165.
 Cobija 16. 39. 127.
 Cochabamba 60. 144.
 Coipaza 15. 56. 77.
 Columbia 52.
 Columbus-District 44.
 Comstock 151.
 Concepcion 128. 156.
 Coney Island 93.
 Copiapó 2. 14. 69. 74. 87.
 108. 138.
 Coquimbo 42. 47. 74. 138.

 Corocoro 160.
 Cosiguina 95.
 Cotopaxi 49. 149.
 Cuevitas 34. 35. 98. 110.
 Culupo 16.
 Cumiñalla 164.
 Curaçao 64.
 Cuzco 60.

 Damascus 153.
 Djelah 152.
 Dürkheim 11.

 Ecuador 138.
 Egelu 25.
 Egelu-Stassfurt 62.
 Egmontkey 156.
 Ehrenbreitstein 78.
 Empexa 15.
 Espartinas 62.
 Estacas 58.

 Feuerland 4.
 Florencia 83.
 Friedrichshall 11.
 Fundybay 166.

 Galveston 157.
 Gangotri-Gletscher 83.
 Gardafui 127.
 Gelei 162.
 Gibraltar 25.
 Gobi 25.
 Gonzales 38. 141.
 Grosser Salzsee 126.
 Guaca 140.
 Guañape 99. 109.
 Guanillo 2. 108.
 Guinea 128.

 Habichtswald 154.
 Hall 11.
 Halle 11.
 Hebriden 166.
 Hedionda 138.
 Hilo 58.
 Himalaya 84.
 Hotsprings 121.
 Hoyada Barrenechea 29.

- Huacho 60.
 Huallaga 59.
 Huallamarca 160.
 Huancavelica 59.
 Huanillos 2. 100. 102. 111. 112.
 Huantajaya 4. 51. 86.
 Huara 164.
 Huasco 15. 40.
 Huayrondo 58. 60.

 Jaguey 66.
 Jamaika 95.
 Ichaboe 109.
 Idaho 122.
 Jenisei 55. 166.
 Ilopango 166.
 Imilac 40.
 Independencia 2.
 Ines 40.
 Infieles 40.
 Iquique 72. 86. 87.
 Isla, Laguna de la 40.
 Isluga 161.
 Ismapampa 161.
 Julia-Mine Nevada, 152.
 Julia, Mine bei Caracoles 47.

 Kalusz 22. 25.
 Kansas-City 154.
 Kaspi-See 55.
 Keelings Inseln 128.
 Kerguelensland 155.
 Kienitz 119.
 Kilauea 166.
 Kiowe-Creek 154.
 Kissingen 11.
 Kiwangaina 162.
 Kladeos 33.
 Krakatoa 95.
 Kronoshügel 33.
 Kunja Urgentsch 165.
 Kunrau 164.
 Kurilen 155.

 Laghouat 95.
 Laguna 86.
 Laguna blanca 2.
 — brava 40. 41.
 — de la Isla 40.
 Lagunas 8. 9. 11. 29.
 Laran 63.
 Laraos 63.
 Liebfrauenberg 116.
 Lima 139.
 Linderos 40.
 Lipez 56. 60. 69.
 Lirima 161.
 Llamellin 59.
 Llullaillaco 37.
 Loa 2. 16. 29. 164.
 Lobos 2. 100. 101. 111. 113.
 Locumba 60.
 Lomas bayas 74.

 Macabí 54. 99. 113.
 Mala 60.
 Mamiña 8. 10. 27.
 Maras 60.
 Margarita 143.
 Mariana 58.
 Maricunga 2. 27. 41—45. 87. 94. 96. 97. 136. 137.
 Marocco 153.
 Marquesa 74.
 Massai 162.
 Matasano 140.
 Matilla 8. 139.
 Medellin 140.
 Mejico 52. 156.
 Mejillones 2. 31. 68. 94. 102—104. 106. 107. 110. 112. 113. 154. 164.
 Mendoza 47.
 Mesolungi 158.
 Miguel Diaz 86.
 Mittelfrika 26.
 Mittelmeer 25.
 Molina 58.
 Monfina 154.
 Monolake 164.
 Monotony 154.
 Moquegua 60.
 Moreno 36.
 Moro 58.
 Morococha 65.
 Moyobamba 59.
 Myvatu 166.

 Natrona 59.
 Navidad 80.
 Neapel 154.
 Neuarchangel 155.
 Nevada 26. 27. 44. 82. 83. 121. 164.
 New-Mexiko 164.
 New-York 166.
 Ngamisee 81.
 Nilthal 164.
 Nordafrika 114.
 Nordcarolina 162.
 — Russland 167.
 Norfolkbai 155.
 Noria 9. 10. 87. 92.
 North Bloomfield Mine 33.
 Norwegen 157.
 Nova Scotia 63.
 Nucus 165.
 Nueva Noria 9.
 Nyassa-See 153.

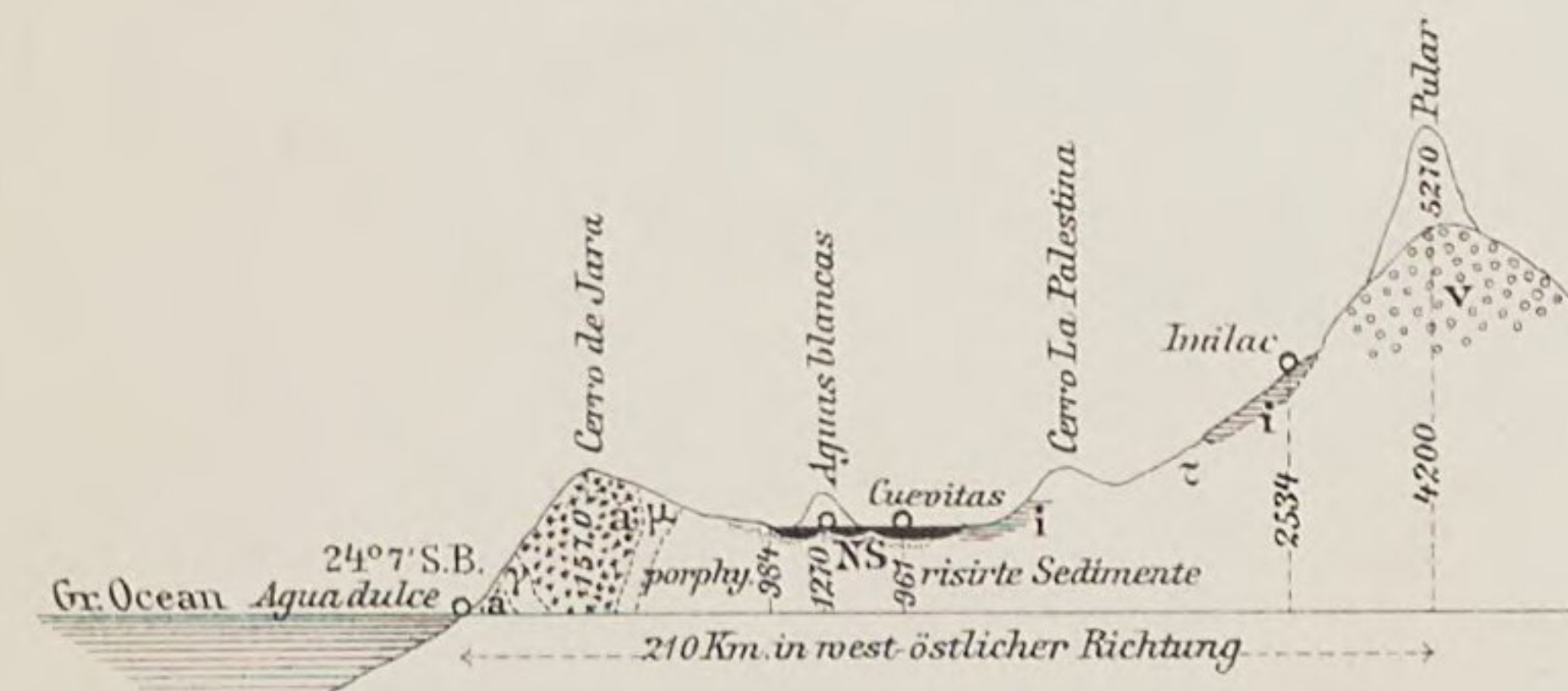
 Ob 55.
 Ohio 64.
 Ola 40.
 Olympia 33.
 Ontario-See 166.
 Orb 11.
 Oregon 164.
 Orinoco 142.
 Oron-See 55.
 Oruro 2. 69. 160.
 Oscana 161.
 Ostindien 26. 144.
 Oued Djelah 152.
 Owenslake 164.

 Pabellon de Pica 2. 9. 100. 101. 111.
 Pacasmayo 58. 60. 69.
 Paco-Paco 15.
 Palmas 128.
 Pambabai 156.
 Pampa 30.

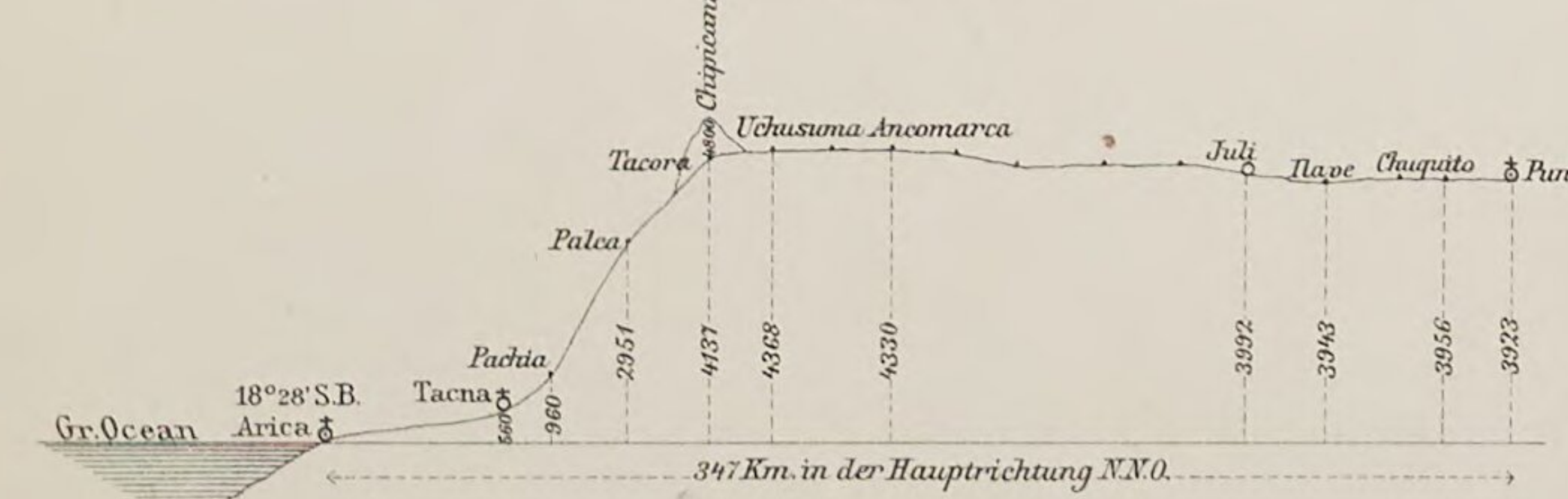
- Pampa del Tamarugal 85. 98.
 — de Sal 56.
 Pan de azúcar 86. 108.
 Paposo 38. 85.
 Paquica 2. 102.
 Parajaya 161. 162.
 Paris 82. 88. 116.
 Pasto Grande 79.
 Paucartambo 59.
 Payta 1.
 Pedernal 40. 41. 45. 97.
 Peñon 41.
 Perim 157.
 Pica 2. 8. 10. 62. 139.
 Pilluana 59.
 Pingo-pingo 154.
 Pisagua 9. 85.
 Plata 127.
 Point of Rock 120.
 Polapi 81.
 Polvora yacu 59.
 Porco 52.
 Portillo 47.
 Potosí 52. 69. 161.
 Pumiri 161.
 Puno 60.
 Punta negra 2. 14. 37. 40. 80.
 Puquintica 161.
 Purace 82.
 Puy de Dome 164.
 Pyramidelake 82. 83.
 Quimpasa 85.
 Quito 137.
 Raza-Insel 122.
 Remiendos 73.
 Reventon 38.
 Rimac 65.
 Rio de Sal 59.
 Rio frio 85.
 Rocky-Mountains 154.
 Rosario (Perú) 58.
 Rosenheim 11.
 Sahara 26. 89. 94. 114. 151
 —155. 163.
 Sal (Rio) 58.
 Sal de Obispo 9. 10.
 Salina 140.
 Salinas 15. 60. 110.
 Saltlake-City 120.
 Salt-Wells 120.
 Salzseen 126. 164.
 San Andres 2.
 — Antonio 74. 92. 138.
 — Bartolo 48. 57. 160.
 — Blas 59.
 — Fernando 138.
 — Jorje 164.
 — José (Perú) 58.
 — Salvador 166.
 — Pedro 2. 7.
 Sandwichinseln 155.
 Santa Ana 69.
 Santiago 2. 47.
 Sargassomeer 155.
 Schlanstedt 164.
 Schotts 114. 152.
 Seviersee 121.
 Shebenacadie 166.
 Sicilien 122.
 Sierra Nevada 113.
 Sligo 64.
 Soa 81.
 Socobaya 66.
 Socotora 127.
 Sodalake 164.
 Sora-sora 2.
 Spitzbergen 55.
 Stassfurt 11. 25. 106.
 Südafrika 163.
 Sulphur 120.
 Sumatra 127.
 Surire 161. 162.
 Sussua 162.
 Tacna 79.
 Talca 47.
 Taltal 37. 67. 79. 80. 112.
 133.
 Tamarugal (Pampa) 2. 56.
 57. 99. 164.
 Tambo 60. 62.
 Tanganyika-See 55.
 Tapacari 60. 69.
 Tarapacá 2 u. a.
 Tarma 59. 60.
 Temacinn 152.
 Tiahuanaco (Ruinen) 53. 130.
 Tilopozo 154.
 Tingo 65.
 Tiquillaca 60.
 Tirana 161.
 Titicaca 48. 52 ff.
 Tobago 166.
 Tobolsk 55.
 Tocache 59.
 Toco 29.
 Tor 128.
 Toro 42. 42. 46. 96.
 Totes Meer 126.
 Totoralillo 74.
 Tres Cruces, Cerro 42. 45.
 Trier 119.
 Truckee 82.
 Tuggurt 95. 152.
 Tunguska 55.
 Tupiza 69.
 Ucayali 59.
 Ungarn 144.
 Union 29.
 Urubamba 60.
 Urumarca 59.
 Utah 26. 65. 74. 84. 120.
 121.
 — See 121.
 Val Canaria 20.
 Valparaiso 128.
 Venezuela 142.
 Vera Cruz 156.
 Vinagre 82.
 Vogesen 89.
 Volcano 40.
 Wargla 95.
 Wyoming 120.
 Yate 138. 139.
 Yeso 47.
 Yungai 7.



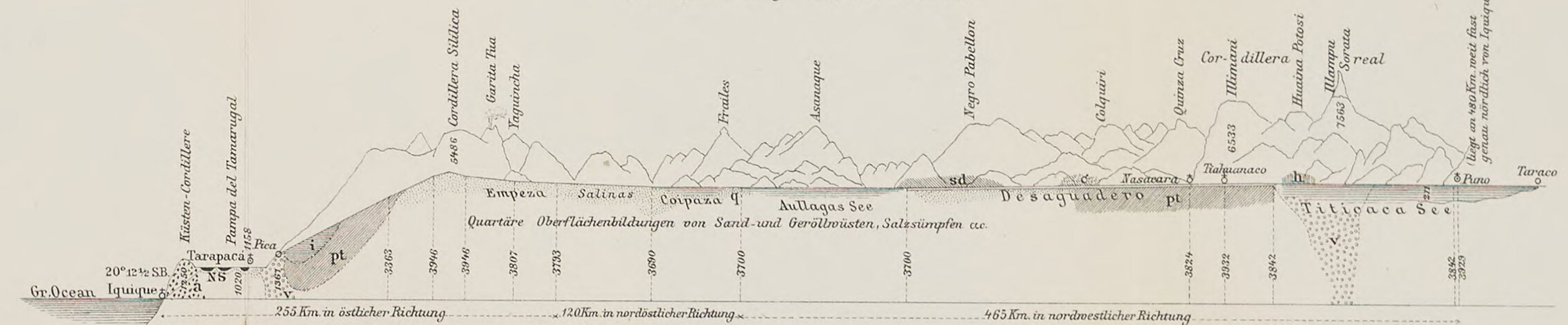
1, Profil durch die Wüste Atacama.
(nach Philippi und Pissis.)



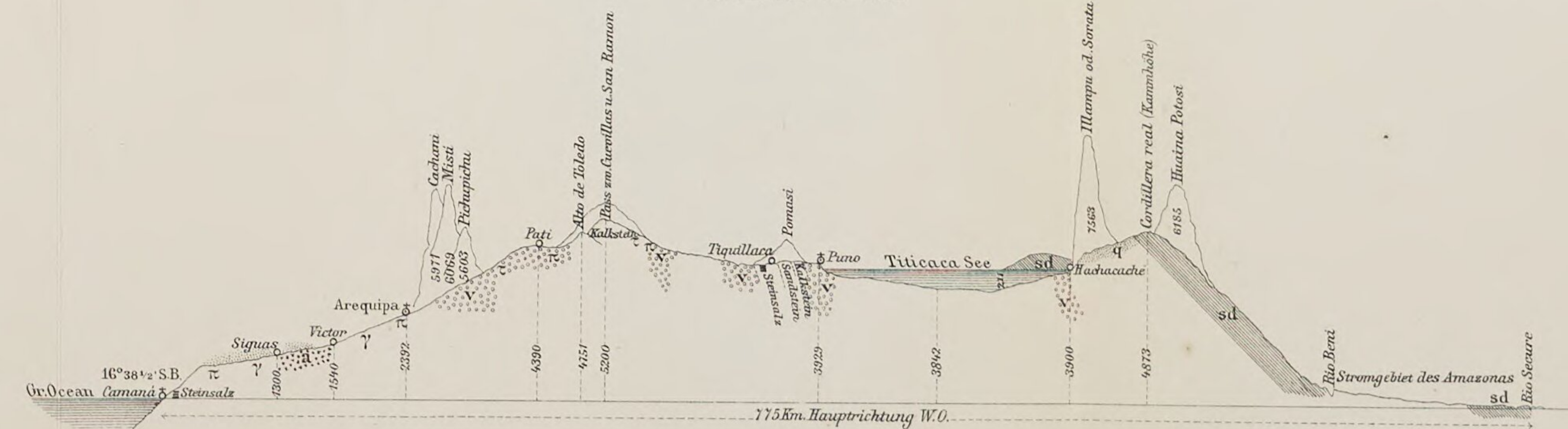
3, Profil des früheren Postweges zwischen Arica und Puno.
(nach Paz Soldan.)



2, Profil von Iquique landeinwärts nach der andinischen Hochebene des Titicaca-Sees.
(Höhenmaasse meist nach H. Recks Project einer Eisenbahn- u. Canalverbindung zwischen Iquique u. Puno, geologische Angaben nach D. Forbes.)



4, Profil von Camaná über Arequipa durch die Cordilleren.
(nach Paz Soldan.)



Maasstab 1:5 000 000, Höhen zwanzigfach.

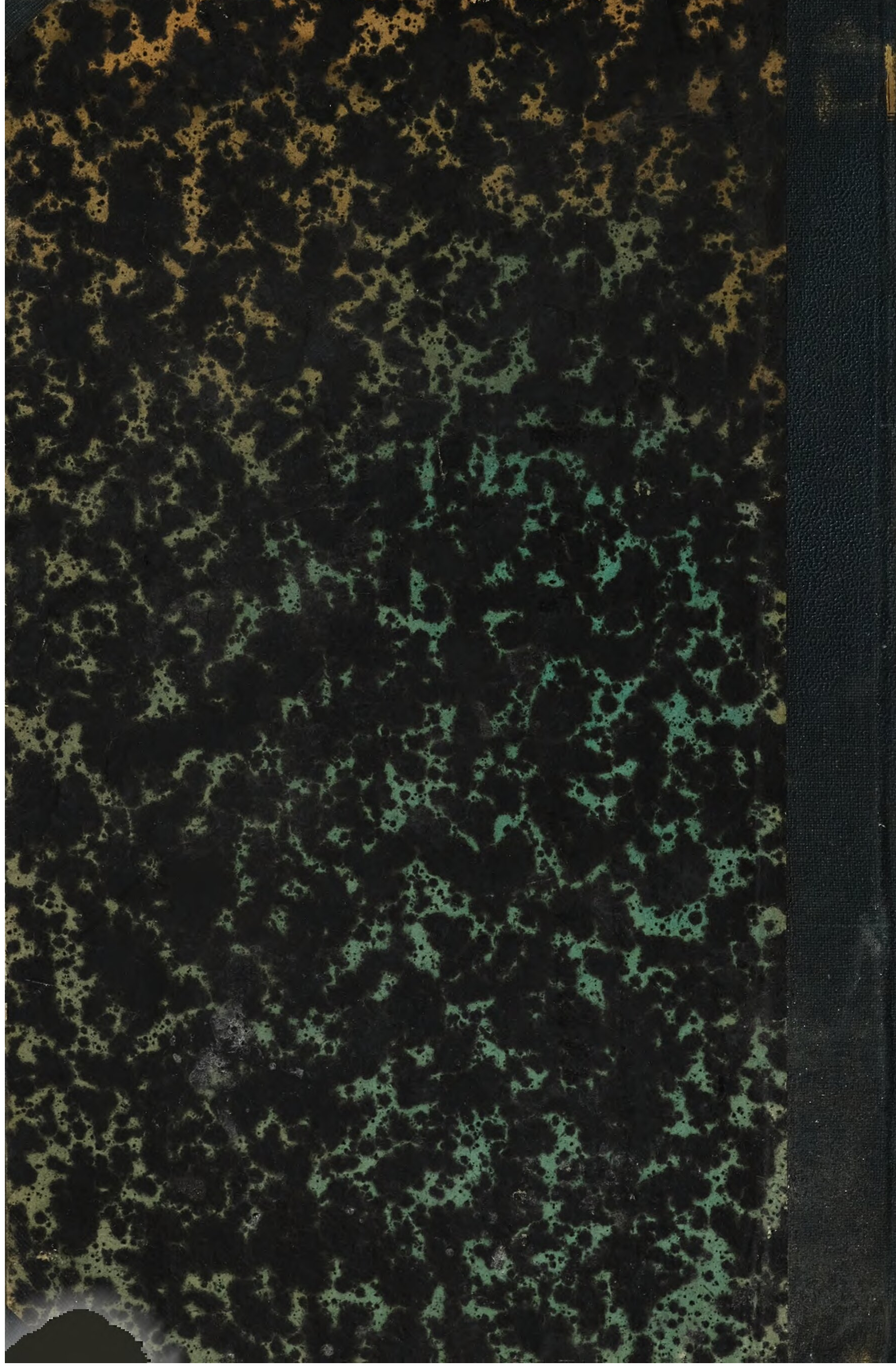
Krystallinische Schiefer mit Porphyre & Durchbrüchen
 Silur und Devon mit Granitdurchbrüchen
 Carbon
 Perm-Trias
 Jura
 Quartär
 Diorit
 Vulkanisch
 Granit, Syenit &c. u. Augit- u. Labradorporphyr
 alte Porphyre & Trachyt NS Natronsalpeter, Steinsalzlatze

C. Ochsensius 1886.



Buchdruckerei von Carl Hammer in Stuttgart.





Ochsenius, Carl,

Die Bildung des Natronsalpeters aus Mutterlaugensalzen mit einer Karte
und 4 Profilen der mittleren südamericanischen Westküste

Stuttgart 1887

Chem. 241 s

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11582265-5